LES FROMAGES

CONSEIL
DES
DENREES
ALIMENTAIRES
DU QUEBEC

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries
et de l'Alimentation

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
1er trimestre 1988
ISBN-2-551-06840-1

COMITÉ DE RÉDACTION

BLAIS, Alexandre
Recherche, développement et contrôle de la qualité, Purdel, Québec
(Président)

BUSQUE, Gaétan
Directeur à l'inspection des produits laitiers, Direction de l'inspection des produits laitiers, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec

COIFFÉ, Jean-Claude
Directeur technique des Fromages fins, Agropur, Division Fromagerie d'Oka, Oka

CONRAD, François
Chef de l'usine pilote et de la recherche en fromagerie, Delisle Inc., Boucherville

DANSEREAU, Daniel
Gérant de programmes, Fruits et légumes, Produits laitiers, Agriculture Canada, Montréal

DUPUIS, Robert
Conseiller industriel, Service d'aide technologique aux entreprises, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec

HOULE, Michel
Coordonnateur à la recherche et au développement, Direction de l'inspection des produits laitiers, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec

LEBEUF, Jacques
Coordonnateur des opérations, Kraft Limitée, Ville Mont-Royal

GUERCH, Abdesslam
Secrétaire, Conseil des denrées alimentaires du Québec, Direction de la cordination scientifique et technique, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec
(Secrétaire)

COMITÉ EXÉCUTIF DU C.D.A.Q.

CONSTANTINEAU, Richard
Président-directeur général, Pomexpan, Longueuil
(Président)

GRÉGOIRE, Yvan
Directeur, Direction de la Recherche, Catelli Limitée, Montréal
(Vice-président)

DUFOUR, Jean-Claude
Professeur, Département d'économie rurale, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Québec
(Vice-président)

GIROUX, Roger
Directeur technique, Division Lait de transformation, Agropur, coopérative agro-alimentaire, Granby
(Vice-président)

MORIN, Gilles
Médecin vétérinaire, Coordonnateur régional (Québec), Formation et gestion des ressources, Inspection vétérinaire, Agriculture Canada, Saint-Hyacinthe
(Vice-président)

CHEZ, Daniel
Directeur, Direction de la coordination scientifique et technique, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec
(Directeur)

GUERCH, Abdesslam
Secrétaire, Conseil des denrées alimentaires du Québec, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
(Secrétaire)

COMITÉ DE RÉVISION

LANGE, Michel
Microbiologiste, Service de recherche agro-alimentaire, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Saint-Hyacinthe

CHAMPAGNE, Claude
Chercheur en biotechnologie, Centre de recherche alimentaire, Agriculture Canada, Saint-Hyacinthe

SÉGUIN, Richard
Chef d'usine, Groupe Produits réfrigérés, Fromagerie de Corneville, Aliments Culinar Inc., Saint-Hyacinthe

COLLABORATEUR

LACROIX, Jean-Paul
Technicien principal, Usine laitière, Institut de technologie agroalimentaire, Saint-Hyacinthe

TABLE DES MATIÈRES

	Page
Avant-propos	7
Chapitre I: Historique	9
Chapitre II: Le fromage — Définition	13
Chapitre III: Rôle des composants du lait en fromagerie	15
A- L'eau	15
B- Les matières grasses du lait	15
C- Les protéines du lait	16
D- Le lactose ou sucre du lait	16
E- Les matières minérales du lait	17
Chapitre IV: Rôle des ingrédients ajoutés	19
A- Ferments lactiques	19
B- Poudre de lait pour les ferments	21
C- Présure	21
D- Sel	22
E- Couleur	23
F- Chlorure de calcium ($CaCl_2$)	24
G- Autres additifs	24
Chapitre V: Principaux traitements appliqués au lait	25
A- Refroidissement du lait à la ferme	25
B- Pompage	25
C- Clarification par force centrifuge ou filtration	25
D- Écrémage ou standardisation	26
E- Pasteurisation, préchauffage, thermisation et prématuration	28
F- Homogénéisation	30
G- Préconcentration du lait	30
Chapitre VI: Étapes de fabrication	33
A- La coagulation	33
B- L'égouttage	36
C- L'affinage	37
Chapitre VII: Description de quelques fabrications	41
A- Le cheddar	41
B- Fromages à pâte mi-ferme	58
C- Fromages à pâte ferme	60
D- Fromages à pâte molle	64
Chapitre VIII: Défauts des fromages	67
A- Fromage cheddar	69
B- Fromages brie et camembert	71
C- Fromages de type Saint-Paulin	72
D- Fromage cottage	73
E- Fromage de type suisse	73
F- Fromage fondu	79
Chapitre IX: Contrôle de la qualité	81
Introduction	81
A- Analyses sur la matière première	81
I – Numération totale des bactéries aérobies mésophiles dans le lait	81
II – Recherche des antibiotiques dans le lait à l'aide de *Bacillus subtilis*	83
III – Détection de la pénicilline dans le lait (Delvotest P)	84
IV – Détection des antibiotiques dans le lait à l'aide de *Bacillus stearothermophilus var. calidolactis*	85
V – Test d'activité d'un ferment	86
VI – Test de phage	86
B- Analyses en cours de production	87
I – Détermination de l'acidité	87
II – Détermination de l'activité de l'enzyme coagulant	88
C- Analyse des produits finis	88
I – Préparation des échantillons: homogenats et dilutions	88
II – Dénombrement des coliformes totaux dans le fromage (Les cloches de Durham)	91
III – Dénombrement des coliformes totaux dans le fromage (Violet Red Bile Agar)	94
IV – Recherche des staphylocoques coagulase-positifs	94
V – Numération totale des levures et moisissures	97
VI – Dosage des matières grasses du fromage	98
VII – Détermination de la teneur en eau du fromage par la méthode de séchage sous vide	99
VIII – Humidité par la méthode du four à micro-ondes	100
IX – Composition du fromage par la méthode infra-rouge	100
X – Détermination de l'acidité à l'aide du potentiomètre (pH)	100
XI – Détermination du sel. Méthode de routine	100
XII – Méthode officielle de la détermination de la teneur en chlorures dans le fromage	100
XIII – Détermination du sel par électrode à NaCL	103

Page

XIV – Épreuve de la phosphatase alcaline dans le fromage 104
XV – Détection de la phosphatase microbienne 105
XVI – Détection de la phosphatase réactivée 106

Chapitre X: Classement du fromage 107

A- Historique et législation du classement 107
B- Évaluation organoleptique 107
C- Classement par jury 108
D- Système de notation du fromage cheddar canadien 111
E- Traitement des échantillons après le classement 117

Chapitre XI: La classification canadienne des fromages 119

Glossaire 123

Bibliographie 125

AVANT-PROPOS

Le fromage, c'est le résultat de la fermentation naturelle du lait. Les peuples anciens avaient leurs propres fromages. Si le jeune David a renversé Goliath, n'est-ce pas le fromage qu'il portait à ses frères qui lui donna l'opportunité de manifester la précision de son tir et la dextérité de son bras?

Les Grecs l'utilisaient 1 000 ans, les Romains 775 ans avant J.C.

Mille ans après J.C., le fromage est un article de commerce important entre les cités européennes. Les croisés rapportèrent d'Asie des secrets spéciaux longtemps tenus cachés par certaines familles ou quelques monastères.

L'industrie du fromage ne fut pas toujours ce qu'elle est aujourd'hui. La surveillance du caillage du lait était le travail de la ménagère. La cave domestique a précédé les salles modernes de maturation. Les transformations naturelles du caillé ont suscité des recettes qui firent longtemps l'orgueil, la richesse et la gloire de certaines familles. Les types de fromages diffèrent avec les endroits: la France est célèbre pour ses roquefort et camembert, la Suisse par l'emmental ou gruyère, l'Angleterre par le cheddar et le stilton, la Belgique par le limburger, la Hollande par le gouda et l'edam, les pays Scandinaves par le primost et le gammelost et l'Italie par le gorgonzola et le parmesan. L'industrie n'a que développé et adapté la petite fabrication à l'ampleur du commerce. Le monument de Marie Harel en Normandie n'est qu'un rappel que nos grands fromages ont débuté dans la marmite. Notre fromage «Raffiné de l'Île d'Orléans» est un exemple de ce qu'était la fabrication du fromage dans le passé.

C'est à Dunham qu'on retrouve la première fromagerie québécoise dès 1865.

Le Québec compte quelque soixante fabriques qui produisent annuellement autour de 80 000 tonnes de fromage réparties en une soixantaine de variétés différentes. À ces quelques données, l'industrie de la transformation du lait de chèvre en fromage, quoique naissante, offre une petite gamme de produits à partir de 25 unités de fabrication principalement artisanale et fermière, réparties sur tout le territoire québécois.

CHAPITRE I: HISTORIQUE

Aussi loin qu'on puisse reculer dans le temps, le lait et ses produits ont toujours apporté une contribution très importante à toutes les civilisations.

Historiquement, les fromages ont permis de prolonger la conservation du lait et à l'homme de subsister durant les périodes de famine, lors de migration et du déplacement des armées.

Les historiens croient que le fromage et le beurre se sont développés peu de temps après la domestication des vaches. Le fromage fut même déjà utilisé comme monnaie.

Les produits fermentés et les fromages faisaient partie des moeurs des premiers Égyptiens et des Grecs, mais ce sont les Romains qui leur ont donné leurs lettres de noblesse. Les Romains en ont vraiment stimulé la naissance des variétés et encouragé la fabrication au cours de leurs conquêtes. En 58 avant J.C., il se fabriquait de l'emmental dans les Alpes à l'endroit où se situe la Suisse actuellement.

Au cours des croisades, le fromage est devenu une importante denrée et un butin précieux convoité par les envahisseurs. Non seulement les croisés rapportèrent en Europe du fromage, mais plusieurs secrets de sa fabrication; ainsi, les échanges de ces derniers ajoutèrent un plus grand choix de variétés et de saveurs.

Au moyen-âge, l'Europe comptait plusieurs variétés très réputées de fromage dont le suisse, le sapsago et le roquefort.

Par la suite, les formules secrètes de fabrication de variétés rares ont été conservées précieusement dans les monastères.

Au Canada, on rapporte que les Indiens ne connaissaient pas les secrets de la fabrication du fromage.

Les premières vaches laitières ont été introduites au Canada vers les années 1608 ou 1610, par le gouverneur Samuel de Champlain. Aux États-Unis, les premières vaches arrivèrent vers 1611, à Jamestown. Le Québec avait son premier troupeau d'importance vers les années 1619.

Avant 1850, l'industrie laitière du pays était très artisanale puisqu'elle était basée sur l'entreprise familiale. À cette époque, la famille dépendait de son troupeau pour l'approvisionnement du lait et la fabrication domestique de produits laitiers.

L'abondance du lait au cours de l'été permettait une certaine production domestique de beurre et de fromage. Durant cette période de l'année, ces produits n'avaient qu'une faible valeur marchande. À cause des conditions primitives d'entreposage, il était impossible de se procurer du beurre frais en hiver alors que le fromage conservait une meilleure qualité.

En 1851 est apparue la première fromagerie industrielle qui transformait le lait recueilli des fermes avoisinantes.

Les premières fromagerie et beurrerie québécoises ont vu le jour respectivement en 1865 à Dunham et en 1873 à Athelstan.

L'industrie a connu un tel essor qu'à la fin du 19e siècle, la fabrication artisanale de fromage est pratiquement disparue, au profit d'une industrie en pleine expansion.

En effet, en 1910, le Québec comptait 2 093 usines laitières, soit 57% de l'ensemble au Canada. Ce nombre devait chuter rapidement puisqu'en 1945, on n'en dénombrait plus que 1 015, et en 1982, 107, soit 27% du nombre d'usines au Canada.

Depuis le début du siècle, la proportion du volume québécois de lait n'a cessé d'augmenter par rapport au Canada de sorte qu'actuellement et depuis 1975, le Québec produit près de 40% du volume canadien de lait (tableau 1).

Au début du 20e siècle, le Québec produisait 30% du beurre et 37% du fromage au Canada. Au cours des cinq dernières années, la proportion moyenne est devenue la suivante: 50 pour le beurre et 39 pour les fromages.

L'Ontario a presque toujours fabriqué davantage de fromage que le Québec alors que le Québec s'affirme comme fabricant de beurre.

Plusieurs institutions et personnalités québécoises ont contribué à l'essor de l'industrie laitière depuis l'implantation de la première fromagerie en 1865. L'École de laiterie de la Province de Québec, fondée en 1892, a non seulement formé une multitude de fabricants mais elle a servi d'atelier de démonstration et de mise au point technique qui lui a valu une réputation qui dépasse largement les frontières. Depuis 1962, l'École de laiterie est une constituante de l'Institut de technologie agricole et alimentaire (I.T.A.A.) et elle fut intégrée dans les murs de cette institution au cours de 1966.

Plusieurs pays ont développé diverses variétés de fromage. Par exemple, la transformation du cheddar est originaire de Cheddar, en Angleterre. Par suite d'une demande de plus en plus forte pour ce type de produit, la mécanisation du procédé de fabrication du cheddar a été développée dans ce pays.

Au Canada, l'exportation, la mécanisation et l'aptitude à la maturation prolongée sont des facteurs qui ont favorisé la production du cheddar au détriment d'autres variétés.

Au Québec, le développement des variétés de fromage autre que le cheddar est relativement récent, si on se base sur les données statistiques. Cependant, des essais ont été réalisés très tôt au début du 20e siècle sur le camembert et le gruyère à l'École de laiterie de St-Hyacinthe. Cette dernière a contribué à l'essor des variétés en faisant la démonstration et l'adaptation des fromages

gruyère, richelieu, gouda, bleu, etc. Certaines techniques, mises au point à cette école, font l'objet de références, même dans des publications américaines.

Les statistiques rapportaient pour la première fois au Québec, en 1941, un volume de 32 040 hectolitres de lait transformé en fromages de lait entier et de crème autres que cheddar et cottage, soit moins de 2% du lait destiné au cheddar. L'évolution a été rapide puisqu'en 1948, c'était au-delà de quatre fois ce volume de lait qui était transformé en fromages de spécialité. Ces derniers représentaient environ 20% du volume du lait utilisé en fabrication du cheddar. Cette situation a été provoquée par une baisse de nos exportations du cheddar passant de 64,2 millions kg en 1942 à 18,1 millions kg en 1948.

Les importations canadiennes de fromages, de 1900 à 1949, restèrent pratiquement constantes, se situant autour de 1 000 000 à 1 500 000 kg par année. Depuis ce temps, la croissance a été constante atteignant un pic de 23 millions kg en 1976. Depuis, des contingents ont été imposés et les quantités importées sont limitées à 20,4 millions kg pour tous les fromages qui entrent au Canada (tableau 2).

Les exportations canadiennes de fromages ont atteint un sommet en 1942 avec un pic de 64 millions de kg, surtout du cheddar. Par la suite, elles ont chuté dramatiquement pour devenir presque nulles. Depuis, 1975, les exportations canadiennes remontent légèrement pour plafonner autour de 11 millions de kg en 1985 (tableau 2).

L'industrie fromagère canadienne a réagi à cette chute des exportations non seulement en fabriquant davantage de beurre mais aussi en produisant diverses variétés de fromage.

Ainsi, l'Ontario et le Québec se font une concurrence très vive pour s'accaparer la plus grande part de ce marché canadien. En 1967, le Québec et l'Ontario ont fabriqué respectivement 4 et 8 millions de kg représentant 92% de la fabrication canadienne des fromages de spécialité. En 1985, la situation était la suivante: le Québec, 38 millions de kg, l'Ontario, 61 millions, soit, mis ensemble, encore l'équivalent de 91% de cette production au Canada.

Le Québec consacre aux fromages, à l'exception des fromages fondus, une quantité de plus en plus significative du volume du lait produit; ceci est dû à l'augmentation constante de la consommation des fromages (tableau 3). Actuellement, en 1985, le volume de lait transformé en fromage se situe autour de 34% alors qu'en 1960, il n'était que de 8% (tableau 4).

À noter que cette augmentation de volume est particulièrement le résultat de la fabrication de variétés maintenant très importantes telles que mozzarella, brick, colby, fromage à la crème, gruyère, emmenthal, camembert, brie, oka, anfrom, provolone et beaucoup d'autres puisqu'on dénombre plus d'une soixantaine de variétés fabriquées au Québec.

Pour rencontrer les exigences du commerce international, tous les fromages doivent répondre à des fiches techniques reconnues.

Tableau 1
Statistiques laitières

	1930	1945	1960	1970	1975	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Nombre de vaches laitières													
Canada 000 têtes	3 683	3 990	2 965	2 389	2 133	1 909	1 790	1 764	1 779	1 790	1 732	1 728	1 696
Québec 000 têtes	1 024	1 104	1 009	950	839	795	700(1)	700	710	720	690	690	675
% au Québec	28	28	34	40	39	42	39	40	40	40	40	40	40
Production laitière 000 000 000 litres													
Canada	5,69	7,18	7,73	7,98	7,44	7,28	6,89	7,19	7,32	7,58	7,23	7,46	7,22
Québec	1,55	2,07	2,56	3,02	2,95	2,86	2,72	2,85	2,90	3,01	2,80	2,97	2,83
% au Québec	27	29	33	38	40	39	39	40	40	40	39	40	39
Nombre d'établissements													
Canada	2 724	2 270	1 807	880	519	485	472	456	416	402	400	—	—
Québec	1 356	1 015	623	256	135	135	126	125	112	107	111	—	—
% au Québec	50	45	34	29	26	28	27	27	27	27	28	—	—

Source: Statistique Canada
(1) En raison d'un changement de définition, à partir de 1979, les nouvelles données ne sont pas directement comparables à celles antérieures.

Tableau 2
Données sur l'évolution des fromages — Quelques données représentatives

	Canada Production totale[1]	Québec Production totale[1]	Canada Production de fromages de spécialité[2]	Québec Production de fromages de spécialité[2]	Canada Importations	Canada Exportations
	T	T	T	T	T	T
1850[3]	642	347	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
1901[4]	100 169	36 574	n.d.	n.d.	1 134	88
1930[4]	54 026	15 449	n.d.	n.d.	936	41 864
1945[4]	85 607	27 918	1 729	n.d.	295	61 421[3]
1960[4]	55 676	19 125	5 612	n.d.	5 970	8 440
1965[5]	81 256	31 454	9 547	3 630	8 007[6]	14 371[6]
1970[5]	117 345	44 021	22 485	8 671	11 893[6]	17 887[6]
1975[5]	120 658	53 273	40 880	19 898	19 810[6]	2 286[6]
1980[5]	206 837	83 309	71 330	26 814	18 703[6]	3 098[6]
1982[5]	201 670	70 203	80 822	31 061	20 916[6]	5 025[6]
1983[5]	213 388	75 218	83 388	30 909	20 550[6]	4 851[6]
1984[5]	222 740	85 495	90 688	40 680	22 814[6]	5 383[6]
1985[5]	242 688	93 905	99 044	38 080	20 682[6]	11 145[6]

(1) Fromages de fabrique autres que les fermiers et fondus.
(2) Fromages faits de lait et de crème autres que cheddar, cottage et fondus.
(3) Source: Manuel de technologie laitière.
(4) Source: Annuaire du Canada.
(5) Source: Revue laitière, Statistique Canada.
(6) Source: Importations ou exportations, Statistique Canada.
N.d.: Non disponible.

Tableau 3
Consommation des fromages
kg par personne par année

Au Canada						Au Québec					
	Cheddar[1]	Cottage	Autres fromages	Fondu	TOTAL		Cheddar[1]	Cottage	Autres fromages	Fondu	TOTAL
1948	0,78	0,19	0,46	1,20	2,63	1968	1,44	0,44	1,42	1,66	4,96
1958	1,24	0,51	0,52	1,33	3,60	1978	1,58	0,64	3,43	3,53	9,18
1968	1,52	0,75	1,21	1,97	5,45	1979	1,97	0,64	3,61	3,26	9,48
1978	1,49	1,12	3,12	2,98	8,71	1980	2,35	0,68	3,61	3,32	9,96
1979	1,82	1,14	3,15	2,81	8,92	1981	2,83	0,71	3,97	3,31	10,82
1980	2,12	1,21	3,04	2,91	9,28	1982	2,42	0,67	4,70	3,27	11,06
1981	2,50	1,28	3,23	2,97	9,98	1983	2,63	0,67	4,56	3,30	11,16
1982	2,09	1,29	3,69	3,01	10,08	1984	2,71	0,66	4,99	3,30	11,66
1983	2,27	1,22	3,58	3,04	10,11						
1984	2,34	1,20	3,92	3,04	10,50						

(1) consommé tel quel.
Source: Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Direction des études économiques.

Tableau 4

Volume de lait transformé en fromage
Québec 000 litres

	1960[1]	1970[1]	1980[2]	1985[2]
Production totale de lait	2 593 179	3 028 067	2 851 636	2 832 169
Utilisation du lait[3] transformé en:				
cheddar	190 562	368 664	596 574	586 256
cottage	142	884	2 613	2 883
autres variétés[4]	19 034	93 792	294 954	360 316
Pourcentage du lait transformé en:				
fromage	8	15	31	34

Note 1: Source Revue statistique agricole
Statistiques laitières 1920-1973
Note 2: Source Statistique Canada
Note 3: Source Planitication, Études économiques, M.A.P.A.Q.
Note 4: Comprend les fromages faits de lait et de crème autres que cheddar, cottage et fondus.

CHAPITRE II:
LE FROMAGE

Définition

Le fromage est le produit alimentaire obtenu par la coagulation du lait, de produits laitiers ou d'un mélange de ceux-ci, suivie d'un égouttage. Une maturation ou affinage peut compléter la fabrication pour l'obtention de propriétés organoleptiques caractéristiques du genre de fromage recherché.

La fabrication du fromage comporte donc trois phases bien distinctes:

A) La coagulation ou le caillage est la formation d'un gel de caséine. Cette coagulation est obtenue par l'action de l'acidification du lait à l'aide de bactéries ou ferments lactiques, d'enzyme coagulant ou l'action combinée des bactéries et de l'enzyme.

B) L'égouttage par synérèse et par exudation est la séparation du lactorésum et du caillé obtenue lors de la coagulation. Le caillé est constitué essentiellement de la caséine et de la presque totalité de la matière grasse lorsqu'il s'agit de fromage gras, d'un peu de lactose sous forme d'acide lactique et d'une fraction variable de matières minérales. Le lactosérum entraîne la plus grande partie de l'eau et des constituants solubles du lait (lactose, protéines, sels minéraux).

C) L'affinage ou maturation enzymatique primaire et secondaire.

Maturation primaire: au cours de laquelle interviennent plus immédiatement les ferments lactiques et l'enzyme coagulant utilisés lors de la fabrication.

Maturation secondaire: est obtenue par l'action de bactéries ou de moisissures formant une croûte en surface.

L'activité de cette maturation secondaire est en règle générale plus rapide, si le fromage est plus humide et si les conditions ambiantes de température et d'humidité favorisent leur croissance.

Le règlement sur les aliments et drogues est formel quant aux produits laitiers qu'on peut utiliser. En voici le détail:

a) Le lait partiellement écrémé, le lait écrémé, la crème, le lait de beurre ou la crème de petit-lait, ou

b) le lait sous forme concentrée, desséchée ou reconstituée ou tout produit visé à l'alinéa a) et comprend, lorsqu'il s'agit de fromage à la crème à tartiner, de fromage à la crème à tartiner (avec indication des ingrédients ajoutés), d'une préparation de fromage fondu, d'une préparation de fromage fondu (avec indication des ingrédients ajoutés), de fromage fondu à tartiner, de fromage fondu à tartiner (avec indication des ingrédients ajoutés), d'une préparation de fromage conditionné à froid (avec indication des ingrédients ajoutés), les produits suivants:

c) le beurre, le beurre de petit-lait ou le petit-lait, ou

d) tout produit nommé à l'alinéa c) sous forme concentrée ou désséchée.

Le fromage fabriqué avec du lait qui est le produit de la sécrétion lactée normale des glandes mammaires d'animaux autres que les vaches genre Bos doit:

— être conforme à toutes les exigences du présent réglement s'appliquant à la variété, et

— porter l'origine du lait sur l'espace principal de son étiquette.

CHAPITRE III: RÔLE DES COMPOSANTS DU LAIT EN FROMAGERIE

Dans ce chapitre, nous discutons des constituants du lait en précisant le rôle spécifique de chacun lors de la transformation du lait en fromage.

A- L'eau

L'eau, sur le plan quantité, est l'ingrédient le plus important du lait; il en contient environ 87%. Elle constitue le milieu dans lequel tous les autres composants du lait sont en solution ou en suspension. Une très petite quantité est liée aux protéines du lait et au lactose, le sucre du lait.

Dans le fromage, par contre, l'eau ou l'humidité devient un composant de moindre importance par opposition aux autres ingrédients. Une plus grande quantité ici est liée aux protéines, surtout la caséine, et aux minéraux.

La quantité d'eau varie selon les types de fromage fabriqué; par exemple, 30% à 32% pour le parmesan et le romano, 35% à 37% pour le cheddar ou 48% à 50% pour le camembert et le brie. Le pourcentage d'humidité qui fera en grande partie qu'un fromage aura une pâte plus ou moins ferme ou plus ou moins molle, facteur déterminant pour la classification des divers fromages.

a) L'eau est essentielle aux microorganismes et à leur action

La présence d'humidité est nécessaire à la fermentation du lait et de ses composants. Plus la présence de celle-ci est grande, plus l'action des microorganismes sur les divers composants du lait, principalement les protéines et les matières grasses, sera rapide, engendrant des effets plus grands.

C'est pourquoi un fromage cheddar fort ne sera à point qu'après un an alors qu'un camembert ne requerra qu'un mois tout au plus.

b) L'eau est étroitement liée à la texture et à la saveur

Généralement, plus un caillé contient d'eau, plus l'action des microorganismes est rapide; une pâte plutôt molle ou douce et onctueuse en découle après un certain temps.

c) L'eau est un facteur déterminant de la durée de conservation d'un fromage

Si l'action des microorganismes se trouve accélérée à cause d'un contenu élevé en eau, le fromage atteindra beaucoup plus rapidement sa saveur optimale et celle-ci se dégradera très rapidement par la suite. C'est pourquoi, par exemple, un camembert aura une durée maximale de conservation de 8 semaines alors qu'un cheddar peut se conserver jusqu'à 2 ans et même davantage.

d) L'eau associée au rendement demeure un facteur économique d'importance

Selon la technique de fabrication utilisée dans la production d'un type de fromage, on laissera dans le caillé plus ou moins d'eau, ce qui engendrera en conséquence un rendement plus ou moins élevé. Pour un fabricant, il est certes plus favorable économiquement de laisser dans le caillé le plus d'eau possible, tout en demeurant dans les limites permises des normes de composition selon la variété fabriquée.

e) L'eau est utilisée comme agent contrôleur d'humidité

Il est reconnu que le contenu en eau des caillés lavés est contrôlé par la quantité et la température de l'eau ajoutée. Dans certains types de fabrication, une saumure est utilisée non seulement pour incorporer le sel mais également pour contrôler le contenu en humidité du fromage.

Évidemment, la qualité de l'eau est de première importance dans ces cas-là, en regard de la saveur et de la microbiologie.

B- Les matières grasses du lait

Les matières grasses du lait sont loins d'être simples. Elles se composent d'un ensemble d'acides gras saturés.

Chacun des acides gras qui composent les matières grasses du lait a un point de fonte différent, ce qui n'a toutefois pas beaucoup d'influence dans la fabrication du fromage. Les matières grasses sont également les agents protecteurs et transporteurs de plusieurs vitamines essentielles (A,D,E et K).

a) Matières grasses, précurseurs importants de la saveur

Tout au cours de la fabrication et davantage durant la maturation, les divers acides gras du lait sont transformés par les différents enzymes lipolytiques en des particules plus simples qui généralement possèdent et libèrent une saveur et une odeur plus intenses. De sorte qu'un fromage fait de lait écrémé produit généralement une saveur plutôt fade.

Ces enzymes sont naturellement présents dans les matières grasses du lait, mais la plupart deviennent inactifs à la suite d'une pasteurisation du lait. Le préchauffage du lait préserve toutefois l'activité de plusieurs de ces enzymes. Une addition au lait pasteurisé d'enzymes d'origine animale, dont l'activité est bien connue peut être pratiquée.

b) Matières grasses, composantes influençant la texture

Généralement, plus un fromage contient de matières grasses, plus la pâte est douce et onctueuse. Il faut toutefois mentionner que le contenu en eau du fromage joue, en relation avec les matières grasses, un rôle important quant au type de pâte obtenue.

À l'opposé, le caillé brassé, fait de lait écrémé, engendrera une pâte plutôt sèche, vitrée et caoutchoutée tout en étant également quelque peu élastique.

Plus le fromage a la chance de s'affiner, plus les matières grasses, grâce aux enzymes lipolytiques, sont simplifiées et plus la pâte devient douce et fondante sous l'effet de la salive.

c) Matières grasses, facteur qui influence quelque peu la couleur

Cette influence ne sera évidemment perçue que dans le fromage communément appelé «Blanc». On notera facilement que pendant la saison d'hiver, alors que l'alimentation des vaches est plutôt sèche, la couleur du fromage est moins jaunâtre qu'au printemps et à l'été. Cette modification de la teinte est étroitement liée aux matières grasses en raison de leur qualité d'agent transporteur de vitamine A.

d) Matières grasses associées au rendement

Plus on conserve de matières grasses dans le lait servant à la fabrication du fromage, plus on obtiendra un rendement élevé. Ce principe général doit cependant être interprété en fonction de critères normatifs et économiques.

L'expérience nous démontre qu'une teneur trop élevée en matières grasses dans le lait mis en oeuvre entraîne des pertes d'acides gras dans le lactosérum et rend problématique l'égouttage de certaines variétés.

C- Les protéines du lait

Des trois principales protéines du lait, la caséine, l'albumine et la lactoglobuline, la plus importante en fromagerie est certes la caséine. En effet, le fromage, outre les matières grasses, est avant tout un concentré de caséine. Les deux autres protéines se nomment protéines de lactosérum. Elles sont appelées ainsi justement parce qu'elles demeurent en solution lors de la fabrication du fromage; elles se retrouvent en conséquence dans le lactosérum.

En fromagerie, un autre type de protéines dont les concentrations sont beaucoup moindres que les trois premières et appelées «Enzymes» joue un rôle très important non seulement lors de la coagulation du lait mais surtout au cours de la maturation. Ces enzymes protéolytiques et lipolytiques naturels sont des protéines qui déclenchent les réactions biochimiques responsables des saveurs et des différentes textures suite à la dégradation de la caséine et des matières grasses.

La caséine est très sensible à l'acidification. En d'autres mots, le développement de l'acidité dans le lait provoque la précipitation et la coagulation de la caséine. Par contre, les protéines de lactosérum sont plutôt sensibles à la chaleur.

a) La caséine

— La caséine, structure du fromage

La caséine, en coagulant ou formant le caillé, retient les matières grasses du lait et les sels de calcium et phosphates insolubles. Par sa structure très complexe, la caséine précipitée retient non seulement les composants déjà mentionnés mais également une certaine quantité d'eau et de minéraux solubles.

Elle est en effet la structure du fromage. Toute la fabrication, à partir du traitement de chaleur donné au lait jusqu'au salage du caillé, a pour but de donner au coagulum (caillé) sa consistance, sa fermeté et enfin l'élasticité du fromage.

— La caséine, précurseur de la saveur

Pendant toute la fabrication et la maturation du fromage, la caséine est transformée et décomposée en éléments plus simples, grâce principalement à l'enzyme coagulant, aux divers enzymes protéolytiques naturellement présents dans le lait et à ceux produits par les microorganismes.

La dégradation enzymatique de la caséine dans les fromages est responsable des saveurs de fruits, d'amertume ou de noisette et de la texture de la pâte.

Par contre, certaines odeurs d'ammoniaque que dégagent quelques fromages proviennent de la décomposition des protéines provoquée par l'action des enzymes libérés par les moisissures de surface.

b) Les protéines du lactorésum

Elles se retrouvent en effet dans la partie liquide résiduelle par suite de la fabrication du fromage. Elles sont de très bonnes qualités nutritives et représentent environ 12,5% de tous les extraits secs du lactosérum.

Il y a évidemment plusieurs utilisations possibles pour ces protéines dont la fabrication de fromage. Par exemple, le fromage ricotta est fait exclusivement de protéines de lactosérum.

La réincorporation des protéines dénaturées du lactosérum au lait peut présenter certains problèmes de saveur et surtout de fermeté de la pâte. La pâte peut en effet être plus granuleuse et contenir plus d'eau, car les protéines de lactosérum dénaturées ont la qualité de retenir beaucoup d'eau.

D- Le lactose ou sucre du lait

Le lactose se trouve naturellement en concentration élevée seulement dans le lait et les glandes mammaires. On le retrouve aussi, quoique en faible quantité, dans le sang et l'urine.

Dans le lait de vache, sa concentration moyenne s'établit généralement à environ 4,8%.

a) Lactose résiduel

Le lactose résiduel dans le fromage peut devenir un inconvénient pour le consommateur lorsque le fromage est soumis à un traitement de chaleur relativement sévère avant sa consommation finale. En effet, par suite d'une transformation incomplète, au cours de la fabrication, de tout le lactose en acide lactique, le lactose résiduel en présence de protéines peut brûnir et présenter en conséquence une couleur désagréable.

b) Transformation du lactose en acide lactique

Tout au long de la maturation du lait et du caillé, les bactéries lactiques, à la suite de réactions biochimiques, transforment le lactose en acide lactique.

Un développement normal ou, plus spécifiquement, une progression quantitative normale du pourcentage d'acide lactique est indispensable à toute bonne fabrication de fromage.

Cette acidification:

— **favorise la coagulation;** l'activité de l'enzyme coagulant du lait varie avec l'acidité du lait. En effet, une augmentation d'acidité accroît la solubilité des sels de calcium, ce qui a pour effet d'accélérer la coagulation de la caséine.

— **influence la texture du caillé;** son développement normal influence la texture du caillé et ultérieurement la maturation du fromage. Lors du développement de l'acidité, le caillé se raffermit par suite de l'expulsion du lactosérum. Un développement trop rapide toutefois pourra engendrer des défauts non seulement de texture pâteuse et friable mais également de saveur amère et trop acide.

— **affecte et contrôle la croissance des microorganismes.** Des ferments lactiques actifs produisent suffisamment d'acide lactique pour entraver la croissance et la multiplication de tout autre microorganisme indésirable à la fabrication et à la maturation du fromage. On présume évidemment que toutes les mesures sanitaires et les bonnes pratiques de fabrication sont respectées.

Encore de nos jours, la plupart des fromagers se servent du développement de l'acide lactique au cours de la fabrication comme indicateur de succès. Mais de plus en plus, le potentiomètre (pH mètre) gagne de la popularité en fromagerie. La lecture du pH sur le fromage, le lendemain de la fabrication, donne en effet, selon plusieurs, une indication plus précise et une garantie de sa qualité de conservation. Généralement, on admet qu'un fromage avec un pH inférieur à 5,45 le lendemain a de très bonnes chances de se conserver et de se développer normalement.

E- Les matières minérales du lait

Les matières minérales forment près de 1% de tous les composants du lait. Elles sont généralement retrouvées associées et sous forme de sels de chlorure, de phosphates et de citrates. Le calcium se retrouve sous deux formes, soluble et insoluble. Tel qu'il a été mentionné au cours de la discussion sur la protéine, le contenu en minéraux, surtout en calcium soluble, influencera la coagulation du lait à l'aide de l'enzyme coagulant. C'est pourquoi il est souvent recommandé d'ajouter une solution de chlorure de calcium au lait avec l'utilisation de certains agents coagulants du lait pour remplacer le calcium rendu insoluble par suite de la pasteurisation. La limite supérieure légale d'utilisation du chlorure de calcium est de 0,02% du volume du lait utilisé.

Un peu plus de la moitié des matières minérales est retenue dans le fromage, ce qui en fait une excellente source de calcium et de phosphore. La coagulation des fromages en milieu acide favorise la solubilité d'une plus grande quantité des minéraux qui se retrouvent ainsi dans le lactosérum.

CHAPITRE IV:
RÔLE DES INGRÉDIENTS AJOUTÉS

Pour fabriquer du fromage, certains additifs doivent être ajoutés au lait ou au mélange de produits laitiers de départ. Dans ce chapitre, nous allons discuter du rôle des principaux additifs, de leurs caractéristiques ainsi que des particularités et des règles dont on doit tenir compte au cours de leur préparation et de leur utilisation.

A- Ferments lactiques

a) Rôles

Les ferments lactiques jouent plusieurs rôles.

1. L'acidification rapide

Elle permet de dominer et de ralentir la flore hétérogène naturelle du lait.

2. L'abaissement du pH

Il favorise la coagulation du lait par la présure.

3. Le développement des arômes

Le développement du bouquet est dû à la production de composés volatils et par l'action résiduelle de leur système enzymatique sur les composants lipidiques, protéiques et glucidiques. Cette action débute à la fermentation et se continue à des vitesses différentes tout au long du processus de maturation ou d'affinage du fromage.

Les ferments sont sélectionnés en fonction de ces rôles.

b) Types

Il existe sur le marché plusieurs types de ferments sous formes lyophilisés, congelés, concentrés-congelés, superconcentrés et lyophilisés en présence d'agents cryoprotecteurs. Nous discutons:

1-des concentrés congelés en flocons;
2-des concentrés congelés inoculés.

1. Concentrés congelés en flocons

Ces ferments permettent d'inoculer directement un bassin de lait. Cette technologie est attrayante en principe, mais difficile à utiliser à cause de son coût élevé et de la lenteur de l'acidification du lait au début. Des travaux de recherche vont permettre d'ici peu la mise en marché de ferments présentant une acidification normale.

2. Concentrés congelés inoculés

Ils peuvent être utilisés de deux façons.

a- Directement dans le bassin de lait.
b- Directement dans le bassin à ferment.

Cette dernière technique est de plus en plus utilisée dans l'industrie fromagère et elle exige une attention particulière lors de son utilisation.

c) Conservation

Ces ferments concentrés congelés se retrouvent emballés en sachets ou en canettes.

Certains ferments sont plus sensibles que d'autres aux variations de température. Pour cette raison, on recommande donc que les canettes soient conservées dans de l'azote liquide ou de la glace sèche.

Lorsque l'usine ne peut être approvisionnée régulièrement en azote liquide ou en glace sèche, les canettes de ferment peuvent être conservées dans un congélateur à $-43°C$. Par contre, plus le congélateur sera ouvert souvent dans une pièce chaude, plus le ferment risque d'être altéré. Pour éviter cela, certains congélateurs pouvant atteindre la température de $-84°C$ sont maintenant disponibles.

Une bonne gestion de la fréquence d'ouverture du congélateur, le choix de sa localisation, de préférence dans une chambre froide à basse humidité relative, et l'utilisation d'un compartiment bien isolé et séparé rendent son efficacité presqu'aussi grande que l'azote liquide. Lors de leur utilisation, les canettes ne doivent être décongelées que très partiellement dans une eau froide ou tempérée contenant environ 100 à 200 ppm de chlore.

d) Manipulations

La propagation des ferments exige l'observation d'un ensemble de règles. La presque totalité des ferments, à l'exception de certains ferments australiens et néozélandais, sont des mélanges de différentes souches dont il faut conserver l'équilibre proportionnel entre eux lors des transferts.

Certaines grandes fromageries qui fonctionnent 24 heures par jour et disposent d'un personnel qualifié, préfèrent utiliser les ferments congelés ou lyophilisés, que l'on ranime par des transferts progressifs et successifs. Cette pratique permet d'établir de meilleurs contrôles de parenté de phages et d'activité d'un ferment à l'autre. En effet, l'activité des ferments congelés n'est pas toujours uniforme pour une souche donnée, d'une livraison à l'autre. La séquence d'utilisation des ferments suggérée par les fournisseurs n'est pas toujours bien adaptée à chaque usine en regard de la parenté des phages. Cette parenté reflète souvent une image générale et très en retard sur la situation de l'usine concernée.

Il est recommandé de propager les ferments acidifiants mésophiles à $22 \pm 1°C$, parce que leur temps de division est uniforme à cette température.

Comme l'activité des ferments ralentit substantiellement en bas de $21°C$, il est plus facile d'arrêter l'acidification dès que le ferment a atteint l'acidité désirée.

Il est fortement recommandé qu'un ferment soit refroidi de $22°C$ à $10°C$ dans un intervalle de 45 minutes. Un ferment peut ensuite être refroidi plus lentement jusqu'à $5°C$.

Dans du lait écrémé à 12% d'extrait sec dégraissé, et d'une acidité initiale de $20°D$ environ, un ferment doit avoir développé au moins $62°D$ et pas plus de $80°D$ d'acidité avant le début de son refroidissement. Au cours du refroidissement, l'acidité continuera de se développer. Il

faut s'efforcer de la maintenir entre 82°D et 100°D. Plus elle approche de 100°D, plus on doit refroidir le ferment rapidement et à basse température, car sa conservation risque d'être plus courte.

La durée d'incubation d'un ferment doit se situer entre 13½ heures et 15½ heures. Une tolérance de 30 minutes aux deux extrémités de cette plage ne devrait être qu'accidentelle. Le taux d'inoculation peut varier entre 1,25% et 2,75% de ferment dans le volume de lait. Dans ce système, le taux d'inoculation demeure alors la seule variable ajustable. Il est recommandé d'exercer un contrôle du volume de l'inoculant, y compris pour les canettes concentrées congelées, même si les fournisseurs ne le prévoient pas.

Tout transfert de ferment doit s'effectuer en circuit fermé aseptique, ou sous une atmosphère vaporisée d'une solution chlorée dans une enceinte fermée. Les transferts à l'air libre, en flambant les ouvertures des deux contenants afin de créer une convection d'air chaud de l'intérieur vers l'extérieur dans les deux récipients, représentent une solution minimale ou pis-aller, mais que l'on déconseille.

La canette tenue à l'aide de pinces doit être flambée à l'alcool avant d'être ouverte puis transvidée directement dans le réservoir à ferments par une ouverture flambée à l'alcool ou à l'aide d'un brûleur à gaz. Le réservoir à ferments doit être maintenu sous pression positive à l'aide d'air filtré.

Puisque le ferment acidifiera le lait, c'est encore ce dernier qui se révèle le meilleur milieu de propagation. Il a pour effet d'adapter le ferment à son milieu. Donc, un lait en poudre, reconstitué à 12% d'extrait sec dégraissé et pasteurisé dans un autoclave ou un fermenteur, sera préférable à toute autre formule. Dans ce dernier cas, on recommande une retenue assez longue. À la fin de cette retenue, avant le refroidissement, une pression positive doit être maintenue avec de l'air stérilisé dans le réservoir. Il faut s'assurer que l'apport d'air est suffisant afin d'éviter toute entrée de phages et ce, surtout au moment où l'on condense la vapeur par un refroidissement. Le réservoir devra être maintenu fermé sous une telle pression positive tout au long du refroidissement, de l'incubation et voire même jusqu'à l'utilisation complète de tout le ferment.

L'utilisation d'un milieu artificiel ou de lait décalcifié au phosphate ou autrement devient inutile lors de transfert des ferments dans une chambre fortement ventilée et maintenue sous pression positive. En effet, on se prive parfois d'excellents ferments parce qu'ils ne répondent pas toujours de la même façon dans des milieux phosphatés ou dans le lait. Les milieux phosphatés ne détruisent pas les phages, mais empêchent simplement leur multiplication en les privant du calcium nécessaire à leur propagation.

Lorsque les fournisseurs sont passés aux ferments concentrés congelés, ils ont dû abandonner certaines souches excellentes parce qu'il était difficile de concentrer des ferments développés dans le lait. Ils ont donc opté pour des milieux à base de lactosérum additionnés de minéraux et de stimulants de croissance. De ce fait, ils ont bonifié des souches plus médiocres mais ils s'efforcent constamment de corriger ce phénomène en améliorant leurs techniques.

Certains fabricants ajoutent un milieu décalcifié au lait afin de créer un effet tampon pour éviter les baisses excessives de pH, puisqu'ils ne peuvent refroidir efficacement leurs ferments. Cette pratique se révèle acceptable si elle est bien contrôlée car les ferments souffrent plus d'une baisse de pH que d'une concentration excessive d'acide lactique.

D'autres industriels pratiquent la neutralisation et l'utilisation de milieu tamponné afin de promouvoir le développement d'un plus grand nombre de cellules dans le ferment. Ces procédés peuvent être utilisés avantageusement aux conditions suivantes:

1. La neutralisation

La neutralisation devra se réaliser au pH optimal de croissance des ferments pour empêcher la croissance possible de coliformes et de staphylocoques qui pourraient contamier le réservoir lors de l'inoculation ou des autres opérations.

2. Temps de fermentation

Afin d'éviter que certaines souches amorcent un début de dégénération ou d'inactivation de leur système enzymatique pouvant entraîner la dégradation du lactose en acide lactique, la durée de fermentation ne devrait pas dépasser 15½ heures.

Si un fabricant éprouve des difficultés à refroidir ses ferments à cause d'un équipement inapproprié, il peut neutraliser ou bien utiliser des milieux tamponnés. L'utilisation en quantités égales de lait et de lait décalcifié peut toutefois être acceptable si le fromager désire pratiquer l'une ou l'autre des techniques mentionnées ci-dessus. Moyennant certaines précautions, la neutralisation permet d'obtenir les mêmes résultats sans présenter les désavantages des milieux décalcifiés.

Pour améliorer les conditions de refroidissement, il est souhaitable de nettoyer, par la circulation d'une solution appropriée, les parois refroidissantes internes des fermenteurs, au moins une fois par année, pour les débarrasser des dépôts calcaires. Il est aussi conseillé d'assurer un bon débit d'eau froide dans les parois refroidissantes.

e) Phages

Les ferments lactiques, communément utilisés dans la fabrication des différents fromages, sont attaqués par un virus appelé bactériophage. Dans le langage fromager, nous parlons tout simplement de phages. Ce sont des virus qui se dispersent en aérosol dans l'atmosphère de nos fromageries. À chaque cycle ou génération qui dure environ 15 à 20 minutes, il y a une propagation de 95 à

135 nouveaux petits phages. Chacun peut alors envahir une cellule et recommencer le cycle. Pour attaquer une bactérie, le phage a besoin de calcium soluble et ionisé. C'est de là que vient la pratique moins recommandable pour la propagation des ferments en fromagerie, d'utiliser des milieux décalcifiés par l'addition de phosphates au lait pour précipiter le calcium sous forme de phosphate de calcium. Toutefois, cette méthode est valable pour prévenir le développement des bactériophages dans les réservoirs à ferment. D'autre part, il faut se rappeler que le calcium est essentiel à la coagulation du lait. Dans le cas du fromage pasteurisé, où une partie du calcium est insolubilisée par le traitement thermique, nous devrions même ajouter du calcium au lait.

Il existe d'autres méthodes pour contrôler les bactériophages. La première consiste à utiliser plusieurs ferments en rotation. Cette méthode est largement améliorée lorsqu'on peut suivre la parenté des ferments avec les phages produits dans le lactosérum de chacun des autres ferments de la rotation.

Ainsi, on peut changer, dans le calendrier la position de deux ferments possiblement parents avec un phage commun. Les fabricants de ferments, utilisent un mélange de trois souches de parenté différente.

Il suffit donc de propager ces ferments sans trop en modifier le rapport dans lequel ils ont été mélangés par le fournisseur. Ainsi, toutes les étapes de la fermentation du bassin de ferment doivent être suivies d'une façon scrupuleuse. La propagation des ferments dans les fermenteurs maintenus sous pression positive à l'aide d'air stérile, est une autre méthode de prévention pour remplacer avantageusement l'utilisation de milieux phosphatés. On recommande d'isoler les chambres à ferments des chambres de maturation du lait et, si possible, de ventiler celles-ci par un système différent sous pression positive par rapport à la chambre de fabrication de fromage aérée elle aussi. Cette ventilation devient d'autant plus efficace que le taux de changement d'air est suffisant et que l'air qui y circule a été préfiltré avant son introduction dans l'usine. Généralement, on s'assure que l'entrée d'air qui servira à ventiler l'usine soit installée du côté des vents dominants et que la sortie soit à l'opposé, de façon à éviter la recirculation continuelle des bactériophages.

Un bon contrôle des bactériophages consiste aussi à effectuer des transferts aseptiques. Lors de nos contrôles, il faut éviter de manipuler des ferments dans une atmosphère pouvant contenir des bactériophages. Nous devons donc procéder sous cabinet de plexiglas, dans une atmosphère désinfectée au formol, au chlore ou leurs dérivés atténués. Il faut toujours utiliser des agents réactifs des protéines puisque les phages sont constitués d'une enveloppe protéique. Un bon fromager devrait garder à l'esprit qu'une chambre à ferments ou un laboratoire dans lequel on manipule des ferments exige une propreté aussi rigoureuse qu'une salle de chirurgie. Ceci illustre très bien l'ensemble des précautions et les détails auxquels doit voir le préposé aux ferments. Dans les espaces de production, on peut aussi contrôler les bactériophages en effectuant la stérilisation par aérosol avec du chlore, du formol ou leurs dérivés atténués. Toutefois, l'utilisation du chlore et de ses dérivés et du formol pur doit se faire en l'absence d'employés. Il arrive très souvent, qu'à court terme, plusieurs employés développent des allergies. Nous devons prendre les précautions pour éviter leur présence dans la chambre lors des traitements et nous assurer l'élimination de toute trace d'aérosol lorsqu'ils réintègrent les chambres de maturation du ferment et du lait.

B- Poudre de lait pour les ferments

La poudre de lait destinée aux ferments doit tout d'abord être exempte d'antibiotiques et d'inhibiteurs et présenter des performances d'activité acceptables (voir test d'activité). De plus, elle ne doit présenter aucune trace de rancissement. Une seule analyse des antibiotiques et de l'activité sur un lot de poudre est insuffisante. On recommande plutôt de l'effectuer environ tous les 50 sacs. L'utilisation de lots volumineux est préférable afin de maintenir une activité constante.

Certains fabricants de cottage, en particulier, veulent utiliser la même poudre pour leurs ferments que celle employée pour enrichir le lait en solides non gras. Pour cette deuxième fonction, il faut en plus une poudre fabriquée par des procédés à basse température, de façon à retrouver au moins 6 mg/g de protéines de sérum non dénaturées. Ce prodécé vise à obtenir des protéines non dénaturées pour donner une texture plus souple.

C- Présure

La présure originale est appelée rénine. Elle est sécrétée par les muqueuses gastriques de la 4e section de l'estomac (caillette) du jeune veau pendant sa période normale d'allaitement. Comme la procédure d'extraction se révèle de plus en plus coûteuse dans notre contexte moderne, de nombreux succédanés sont apparus sur le marché. (Photo 1)

Les deux principaux rôles de la présure:

a) Provoquer la déstabilisation des micelles de caséine en attaquant la caséine κ à un endroit bien spécifique de sa molécule. Ce site est nommé le lien PHE-MET; c'est l'attaque d'un lien peptidique entre un acide aminé appelé phénylalanine et l'acide aminé voisin, une méthionine. On juge généralement la force d'une présure par son efficacité à couper ce lien peptidique, ce qui a pour effet de provoquer la coagulation du lait.

   Il existerait plus de 164 autres liens peptidiques pouvant être coupés sur la caséine κ, en plus de ceux sur les autres fractions de caséine.

   La présure attaque ces liens selon un ordre de spécificité caractéristique de l'enzyme utilisé. Cette dénaturation de la protéine commence lentement au cours de la fabrication, après la coagulation, et se continue

au cours de la maturation du fromage. L'action combinée des protéases présentes naturellement dans le lait, de la flore sauvage du lait et du ferment, contribueront à donner au fromage certaines caractéristiques de texture et de saveur.

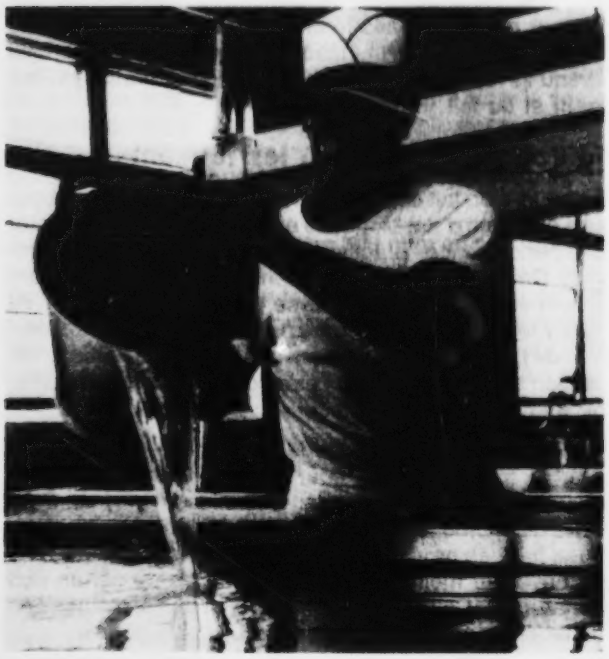


Photo 1 — **Addition de présure au lait**

La grande spécificité relative de la rénine pour le lien PHE-MET dans son attaque primaire, confère au gel obtenu des caractéristiques particulières. Un très grand nombre d'enzymes protéolysants peuvent attaquer ce lien. L'action de l'enzyme sur ce lien doit être suffisamment décalée dans le temps avec l'action protéolytique secondaire, de façon à éviter les pertes par un bris du réseau de protéines qui se resserre.

Dans le cas de fromage pasteurisé, à haute teneur en extrait sec, le choix d'un enzyme de substitution peut être assez facile. Cependant, lorsque le fromage doit être affiné, il faut que le spectre d'attaque de l'enzyme coagulant de substitution soit proche de celui de la rénine, sinon la saveur du fromage risque de changer. La saveur résulte de l'activité d'une multitude d'enzymes, dont ceux responsables de la lipolyse et de la protéolyse. Il faut, non seulement que l'enzyme coagulant ait un spectre d'attaque se rapprochant de la rénine, mais aussi qu'il le fasse sensiblement au même rythme, sinon il évoluera vers des saveurs amères ou au goût de savon.

Ces considérations nous montrent pourquoi le choix d'un nouvel enzyme coagulant est plus difficile pour un fromage de lait préchauffé destiné à la maturation que pour un fromage de même type fait de lait pasteurisé destiné à la consommation immédiate. Exemple: camembert par rapport à cheddar en grains.

Les premiers succédanés de la rénine ont commencé par un mélange réninepepsine bovine obtenu par extraction de l'enzyme coagulant de veaux plus âgés ayant reçu une alimentation mixte. Par la suite, un mélange de pepsine bovine et porcine a été retenu. La communauté juive utilise depuis longtemps de la pancréatine extraite de gésiers de poulet. Tous ces enzymes d'origine animale sont très instables à des pH neutre et alcalin ainsi qu'à la lumière. La vitesse d'hydrolyses primaire et secondaire de ces enzymes se situe dans des ordres de grandeur raisonnablement rapprochés. L'utilisation de la trypsine, présente chez le porc, pourrait toutefois donner un goût amer.

D'autres enzymes coagulants proviennent de l'ananas, des figues, des artichauts, de certains melons et même de plusieurs espèces microbiennes, et de certaines moisissures dont *Mucor miehei*. On les utilise de plus en plus pour certains fromages. Quelques-uns d'entre eux présentent une plus grande stabilité à la chaleur que les coagulants animaux. Ceci confère au lactosérum une activité protéolytique résiduelle qui peut avoir certaines conséquences lors de son utilisation subséquente dans d'autres produits. Exemple: pâtisserie et charcuterie.

Il importe de diluer un enzyme coagulant à la toute dernière minute, puisque ceux d'origine animale sont tous très instables à des pH neutre et alcalin. Il ne faut jamais laisser un enzyme coagulant dans un récipient transparent mais plutôt l'entreposer dans un endroit frais et sombre. Tout remuement excessif amène la formation de mousse. Si on utilise le $CaCl_2$, il est recommandé d'ajouter la présure qu'après sa dispersion complète (voir section relative au $CaCl_2$).

D- Sel

Le sel contribue grandement à l'égouttage du caillé et agit comme agent de conservation et de contrôle de la maturation. Sous forme de NaCl, il constitue une solution saline dans la phase aqueuse du fromage. Un taux minimal de sel inhibe particulièrement le groupe des coliformes responsables des mauvaises saveurs du fromage. Il arrête aussi l'acidification du fromage par le ferment et retarde sensiblement la croissance et l'activité métabolique de ce dernier. Un excès de sel compromet la maturation du fromage. Selon la variété et la pratique, il y a deux façons de saler un fromage: le salage sur le grain ou en saumure.

Pour le salage sur le grain, il est important de bien préparer le fromage en le distribuant uniformément et en l'émiettant. Pour une distribution manuelle, il faut étendre le sel en couches minces et uniformes en agitant bien le caillé entre chaque application. Pour une distribution

Photo 2 — **Salage en saumure**

automatique, le fromage doit passer uniformément sous la saleuse. Une mauvaise distribution du sel entraînera une maturation inégale du fromage et des pertes importantes de sel dans le lactosérum.

Certains fromages, tel le bleu, peuvent indifféremment être salés par immersion en saumure ou par application de sel en surface des meules en hâloir. Dans ce dernier cas, après un certain nombre d'heures, les meules sont retournées pour recevoir une seconde application. Selon la coutume du fromager et le type de fromage, il peut y avoir jusqu'à quatre applications successives de sel.

E- Couleur

L'addition de la couleur jaune a pour but de donner la teinte désirée au fromage. Cette couleur jaune (le roucou) est obtenue de la graine du roucouyer *Bixa orellana*, un arbre tropical. Cette graine, blanche à l'intérieur, est recouverte d'une écorce très colorée. Les couleurs obtenues, la bixine et l'orelline, constituent le colorant mixte dissout dans une solution alcaline. En fromagerie, on doit rechercher une couleur uniforme d'un bassin à l'autre. Pour ce faire, il suffit de bien mesurer la quantité de couleur à ajouter et de la diluer dans l'eau, de façon à obtenir une excellente répartition. Les gens qui croient que le fromage jaune est meilleur que le blanc subissent l'influence psychologique de la couleur parce qu'il n'existe réellement aucune autre différence.

Le passage de la fabrication du fromage coloré à la fabrication du blanc ou inversement est une opération délicate. Il ne doit plus rester de grains de fromage d'une sorte ou de l'autre dans l'équipement. Il ne faut jamais mélanger la couleur et la présure. Le doseur, pour mesurer la couleur et la présure, doit être très propre avant chaque usage. On devrait utiliser un doseur différent pour chaque ingrédient.

D'autres colorants peuvent être utilisés comme par exemple la B-carotène pour le cheddar, la chlorophylle pour le bleu et plusieurs autres colorants.

L'addition de dioxyde de titane pour obtenir un fromage blanc d'une couleur plus uniforme est maintenant permise.

F- Chlorure de calcium ($CaCl_2$)

Lors de la pasteurisation du lait, une partie du calcium est insolubilisée par ce traitement. On ajoute souvent du chlorure de calcium soluble après la pasteurisation du lait, destiné à la fabrication de fromage.

Ce calcium prévient les pertes de caséine durant la coagulation du lait et confère au fromage une texture plus ferme. L'apparence laiteuse du lactosérum au soutirage indique un manque de calcium.

Le calcium soluble dans la phase aqueuse doit être en équilibre constant avec le calcium colloïdal lié à la caséine.

Pour coaguler, les caséines doivent être saturées de calcium. Pour ce faire, il faut s'assurer qu'il y a suffisamment de calcium dans la phase aqueuse.

Pour une bonne dispersion, il faut dissoudre le chlorure de calcium dans l'eau. Étant donné qu'il est fortement alcalin, on doit s'assurer de sa complète dispersion dans le lait avant l'addition de la présure.

Normalement, tel qu'il a été mentionné ci-dessus, on ajoute le chlorure de calcium pour les fromages faits de lait pasteurisé. Certains fabricants l'ajoutent même au lait préchauffé. Cette pratique donne un bon caillé, particulièrement si le ferment est plutôt lent à faire développer l'acidité du lait au cours de la fabrication.

L'addition du $CaCl_2$ diminue quelque peu les pertes de caséine lorsque le caillé a été coupé trop tôt ou agité trop fortement juste après le coupage.

G- Autres additifs

Dans ce paragraphe, nous nous limiterons à quelques types d'additifs les plus utilisés par l'industrie fromagère.

La crème peut être ajoutée au caillé de certains fromages pour leur conférer certaines qualités organoleptiques.

Des moisissures présélectionnées et préactivées sont additionnées au lait pour développer les courants bleus veineux dans les ouvertures internes du bleu ou le duvet blanc à la surface du camembert et du brie, etc. Des ferments auxiliaires tels le ferment propionique pour l'emmenthal et le suisse, et les ferments producteurs de diacétyl dans le cas du fromage cottage à la crème peuvent s'ajouter séparément ou en mélange avec le ferment lactique.

Certaines épices comme le poivre, les fines herbes, le carvi ou l'anis, etc., peuvent servir d'assaisonnement à certains types de fromage.

Certains enzymes comme la lipase peuvent être ajoutés au lait pour favoriser un goût rance typique à certains fromages.

En Hollande, on ajoute du nitrite pour empêcher le gonflement butyrique de l'édam ou du gouda.

CHAPITRE V: PRINCIPAUX TRAITEMENTS APPLIQUÉS AU LAIT

Les traitements appliqués au lait diffèrent d'une variété de fromage à l'autre. Nous allons discuter de différents traitements thermiques et mécaniques tels:

— le refroidissement du lait à la ferme;
— le pompage;
— la clarification par la force centrifuge ou par filtration;
— l'écrémage ou la standardisation;
— la pasteurisation, le préchauffage et la thermisation;
— l'homogénéisation;
— la préconcentration du lait par évaporation, ultrafiltration ou osmose inversée.

A- Refroidissement du lait à la ferme

Le refroidissement du lait ralentit sa détérioration causée par la flore bactérienne hétérogène. La croissance des bactéries mésophiles est interrompue, mais les psychrophiles ne sont que ralentis, la synthèse des enzymes et certaines fonctions enzymatiques continuent d'agir plus lentement. Toutefois, si le lait n'est pas suffisamment refroidi (plus grand que 5°C), il y aura un certain développement bactériologique qui aura pour effet de mofidier quelque peu les constituants du lait, surtout les protéines et les matières grasses. La lipolyse libère les acides gras ainsi que des groupements oxydés. Il se peut que ces défauts ne soient pas apparents dans le lait et qu'ils ne se manifestent pas dans le produit à l'état liquide. Les enzymes, responsables de ces défauts, sont très stables à la chaleur et continueront leur action après la transformation du lait en fromage, particulièrement durant la fabrication puis avant son refroidissement complet.

La période d'entreposage du lait avant la fabrication fromagère ne se traduit pas nécessairement par l'apparition marquée de ces défauts. Cette période d'introduction sert à préparer les enzymes nécessaires qui seront prêts à travailler par la suite au cours de la fabrication du fromage et durant son refroidissement. La synthèse de ces enzymes se fait généralement à froid lorsque les divisions cellulaires sont au ralenti, alors que leur activité est favorisée aux températures supérieures à 15°C. Ils demeurent actifs en-dessous de 15°C mais ont une synthèse beaucoup plus lente.

Si le lait est refroidi convenablement et que sa durée de conservation au froid se limite à 48 heures à la ferme et de 18 à 24 heures à l'usine, le lait ne subira que très peu de modifications enzymatiques défavorables capables d'affecter la maturation du fromage.

Des études ont démontré qu'au refroidissement du lait, la β-caséine se solubilise en passant de la phase colloïdale à celle soluble. Selon certains auteurs, le retour de la phase soluble à celle colloïdale n'est pas toujours complet lorsque l'on réchauffe le lait et la vitesse à laquelle la β-caséine passe de la phase soluble à l'autre est influencée par celle du traitement thermique du lait. Il pourrait donc en résulter, dans le cas de certains fromages, des variations de rendement par perte de β-caséine soluble qui passe au lactosérum comme les autres protéines du lactosérum. Lorsque le lait se détériore par protéolyse, il devient plus difficile à la β-caséine de retourner sur la micelle. Bien plus, par protéolyse, des fragments de caséine peuvent être enlevés à la phase colloïdale du fromage.

L'addition de lait non refroidi provenant de la traite provoque une augmentation de la température de celui déjà dans le bassin de refroidissement. Pour éviter les cas de barattage et d'activation de certains enzymes dont ceux responsables de la lipolyse, la température du lait ne devrait pas excéder 10°C dans le bassin refroidisseur lors de telles additions.

B- Pompage

Le lait subit au moins trois pompages de la ferme jusqu'au bassin de fromage, ces derniers étant:

a) du réservoir de la ferme au camion citerne;
b) du camion citerne aux réservoirs de l'usine;
c) des réservoirs de l'usine en passant par le pasteurisateur vers le bassin à fromage.

Il faut ajouter la traite sous vide là où elle se pratique.

Le lait reçoit parfois des traitements mécaniques additionnels. Tout traitement, peu soigné, de transvidage, en particulier, peut endommager les globules gras du lait. Ces traitements peuvent altérer la surface membranaire lipoprotéique des globules de gras, provoquant ainsi un début d'éclatement et exposant la matière grasse aux enzymes.

Lors de ces transvidages ou pompages, les grappes de cellules bactériennes et de leucocytes sont démantelées. Ceci augmente la surface totale active de ces bactéries, et ainsi réactive le développement bactérien. Le comptage des colonies sur gélose en plat de Pétri ainsi que les indices de décoloration, tels que le bleu méthylène et la résazurine, donnent des lectures plus élevées.

Toute agitation excessive, dûe à un bris mécanique surtout lorsqu'il y a production de mousse, peut causer des dommages similaires. Les techniques d'alimentation du lait dans des citernes sont à surveiller surtout si elles sont alimentées par le haut. Une alimentation tangentielle est préférable.

C- Clarification par force centrifuge ou filtration

Le procédé de clarification a pour but de débarasser le lait de particules étrangères d'une certaine grosseur comme:

— amas bactérien ou leucocytaire;
— particule en suspension;
— agglomérats de matières grasses résultant du barattage.

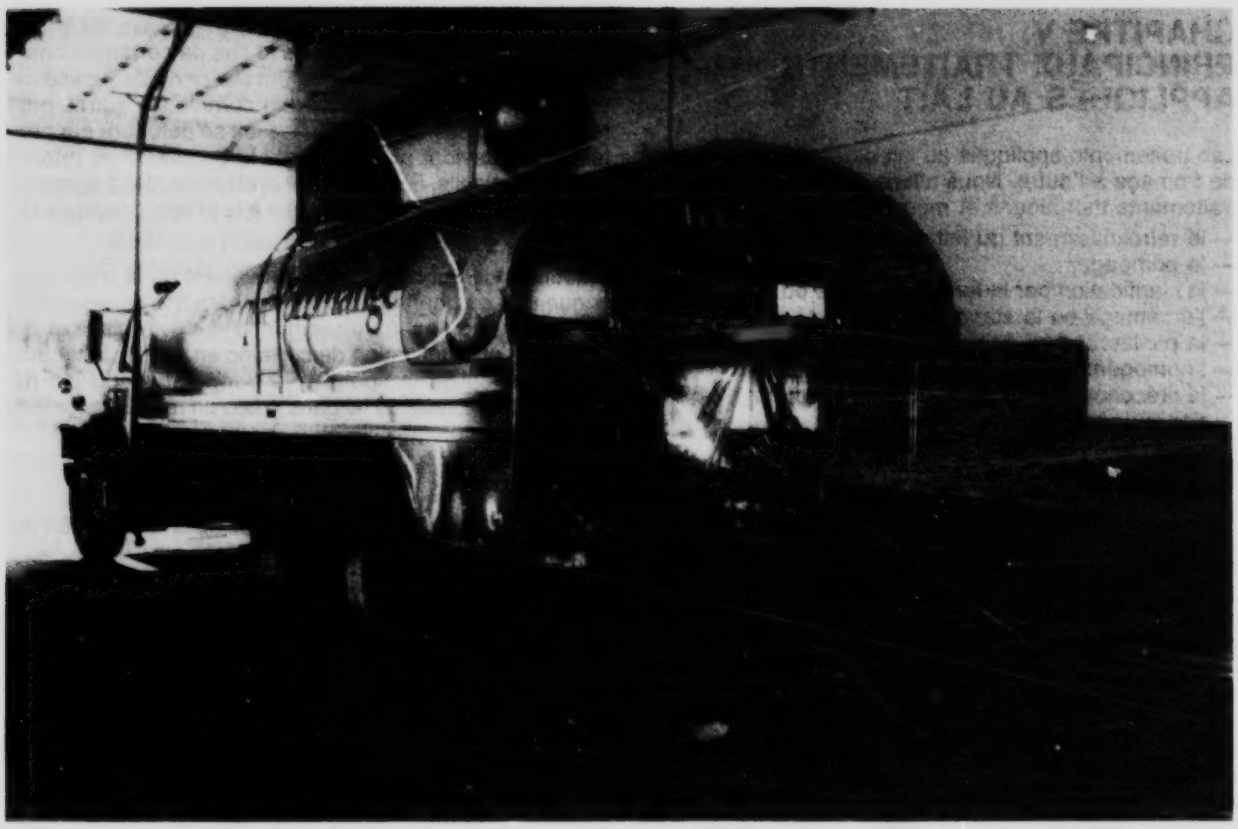


Photo 3 — **Transvasement du lait du camion-citerne au réservoir de l'usine**

Il y a quelques années, il était courant d'utiliser des bactofuges, dont la force centrifuge était réglée de façon à appauvrir le lait en bactéries et leucocytes.

Plusieurs entreprises laitières utilisent des préfiltres au cours du déchargement des camions pour enlever les plus grosses particules étrangères du lait; ce procédé est insuffisant. Il faut faire une vraie clarification par filtration mécanique ou par force centrifuge.

La filtration par force centrifuge entraîne des pertes au nettoyage et laisse échapper des débris retenus dans le bol lors du débourbage. Lorsque le clarificateur centrifuge est chargé, il n'enlève que les particules très grossières.

La clarification sur filtres spéciaux se popularise parce qu'elle débarrasse le lait spécifiquement des particules étrangères qu'on veut éliminer. Cette dernière technologie entraîne moins de pertes au nettoyage que le procédé de clarification par force centrifuge. Elle produit une certaine redissolution des amas de matière grasse prébarratée, limitant ainsi les pertes. En utilisant ces nouveaux filtres, nous sommes certains que tout le lait a été clarifié puisqu'ils s'obstruent lorsqu'ils sont trop fortement chargés. Le lait est alors dirigé vers un deuxième filtre fonctionnant en alternance.

D- Écrémage ou standardisation

a) L'écrémage

L'écrémage est l'opération qui consiste à séparer la matière grasse des autres constituants du lait et à la recueillir sous une forme plus ou moins concentrée.

Le principe utilisé pour séparer la matière grasse du lait s'appuie sur la différence de densité entre la matière grasse et la partie non grasse. On effectue couramment cette opération en utilisant la force centrifuge, ce qui permet de rendre le procédé d'écrémage continu.

b) La standardisation

Le procédé de standardisation consiste à rééquilibrer le lait avant sa transformation en fromage dans son rapport matière grasse et extrait sec dégraissé, de façon à obtenir la composition désirée dans le produit fini.

Selon la composition saisonnière du lait, il faut parfois ajouter de la crème pour atteindre cette composition dans le produit fini. Pour le cheddar, la composition finale doit être au plus de 39% d'humidité et au moins 31% de matière grasse sur une base humide.

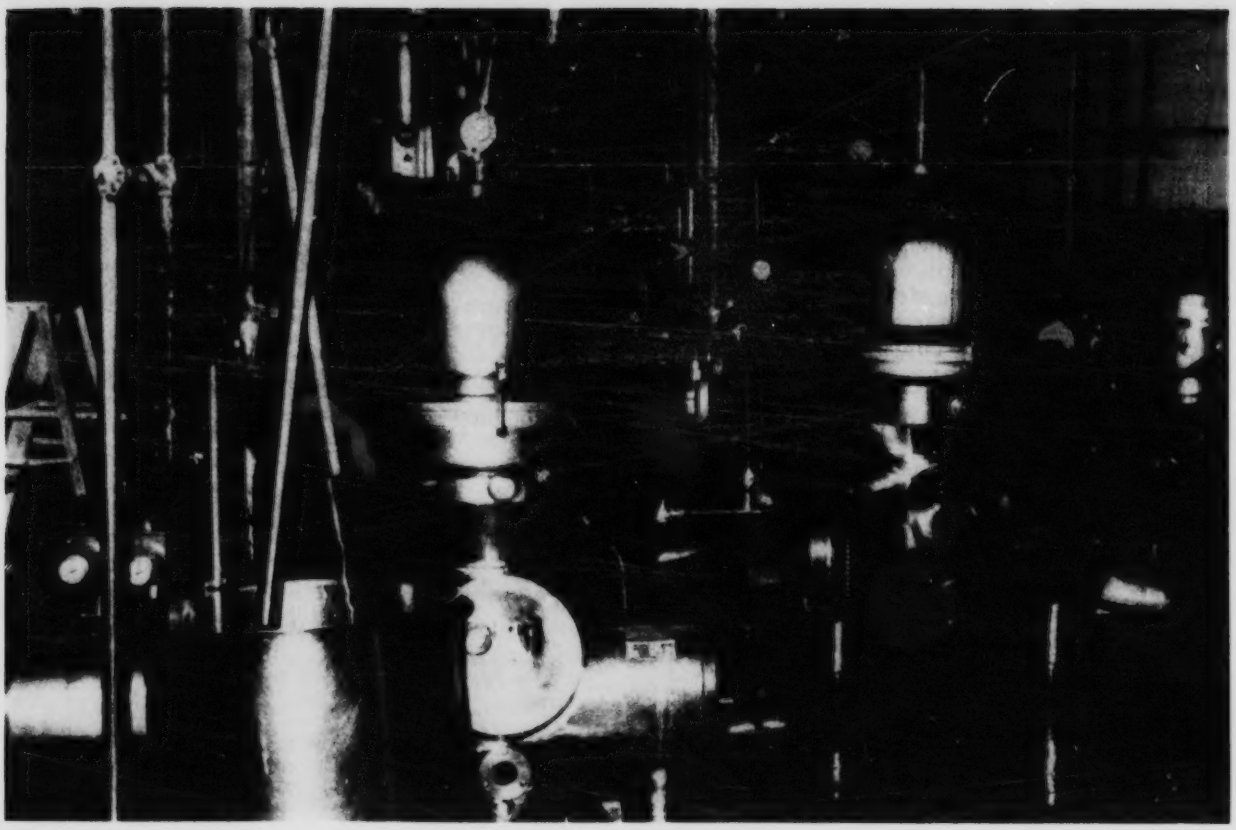


Photo 4 — **Écrémeuse**

Il existe toute une catégorie de fromages faits de lait écrémé et surtout de lait partiellement écrémé. Pour fabriquer ces produits, il faut procéder à la standardisation de la teneur en matières grasses du lait.

Cette opération s'effectue selon l'une des méthodes suivantes. On peut soit écrémer partiellement tout le lait jusqu'à la teneur désirée en matières grasses ou encore on peut incorporer au lait de la crème ou du lait écrémé jusqu'à ce qu'on obtienne la teneur en matières grasses désirée dans tout le lait à standardiser.

Lors de l'écrémage et de la standardisation, la force centrifuge et les forces de friction augmentent le pourcentage de globules gras dont la membrane lipoprotéique est brisée, ce qui se traduit par des risques plus élevés de rancidité et d'oxydation.

Cette standardisation ou écrémage peut s'effectuer à froid ou à chaud. L'écrémage à chaud de 40 à 51°C avec un optimum à 48°C est plus précis. Elle s'effectue comme suit: dans un premier temps, le lait est préchauffé à la température de standardisation. Une fois standardisé, ce même lait est retourné dans le pasteurisateur pour fin de traitement.

Depuis de nombreuses années, il est courant d'enrichir avec de la poudre de lait dite «chauffée à basse température» afin d'augmenter la proportion d'extrait sec dégraissé par rapport aux matières grasses dans le fromage cottage. On utilise ce type de poudre qui a reçu un traitement à basse température parce que les protéines ne sont pas ou peu dénaturées.

Il est mondialement reconnu qu'on peut saupoudrer au-dessus d'un bassin de fromage, sans avoir à passer par une période de réhydratation, jusqu'à 4% d'extrait sec du lait.

Il est possible de dépasser ce taux, en passant par une étape intermédiaire qui consiste à réhydrater la poudre avant de l'ajouter au lait du bassin. Certaines fromageries vont jusqu'à standardiser par addition de lait écrémé concentré à basse température.

E- Pasteurisation, préchauffage, thermisation et prématuration

a) Pasteurisation

Cette opération essentielle pour obtenir un lait de qualité, s'effectue généralement selon l'une ou l'autre des méthodes suivantes:

1. La pasteurisation basse

Il s'agit d'un procédé discontinu ou le traitement thermique se fait à basse température et le temps de rétention est long, présentant l'avantage de ne pas modifier les propriétés du lait. Il est défini par un chauffage à 63°C pendant 30 minutes. Dans ce cas, on doit prendre les précautions suivantes:

— Éviter les contacts de l'air avec le lait pour minimiser les contaminations de ce dernier.
— Limiter la formation de mousse dans le bassin de lait (la température à l'intérieur des bulles d'air est un peu plus basse que dans le lait, car l'air est moins conducteur de chaleur que les liquides).
— Maintenir la masse du lait à 63°C pendant 30 minutes.

La température et le temps de retenue indiqués ci-dessus sont des conditions minimales.

2. La pasteurisation haute et rapide (H.T.S.T.)

La pasteurisation haute et rapide consiste à chauffer le lait jusqu'à 73°C, le maintenir à cette température pour une période de 16 secondes et à le refroidir le plus rapidement possible dans le but de réduire la flore bactérienne et d'éliminer toutes les bactéries pathogènes du lait.

Contrairement à la pasteurisation basse et lente où le lait demeure dans le même bassin pendant tout le traitement, dans le système HTST, le lait est continuellement en écoulement dans un environnement hermétiquement fermé. Un contrôleur automatique vérifie constamment la température atteinte par le lait après le chauffage. Si cette température n'est pas adéquate, le contrôleur automatique détourne le lait de son cycle normal et le ramène au début du système de pasteurisation. Ce contrôleur automatique est calibré et scellé pour assurer son efficacité.

Dans ce système, le lait et les liquides chauffants ou réfrigérants circulent de part et d'autre d'une paroi métallique mince. De plus, dans la section appelée «RÉGÉNÉRATION», le lait pasteurisé (chaud) et le lait cru (froid) circulent de part et d'autre de la même paroi métallique dans le but de récupérer la chaleur (voir schéma I). Pour éviter les risques de contamination possibles advenant le bris d'une paroi, il faut toujours maintenir la pression du lait au moins à 0,07 kg/cm^2 (une livre par pouce carré) plus élevée du côté du lait que du côté des liquides réfrigérants ou chauffants et au moins à 0,07 kg/cm^2 (une livre par pouce carré) plus élevée du côté du lait pasteurisé que du côté du lait cru dans la section de régénération.

Le système, s'il est bien opéré, assure un produit microbiologiquement sain tout en minimisant les conséquences de la chaleur sur les constituants du lait.

Ces appareils, au Québec, doivent être conçus pour assurer une retenue minimale de 16 secondes à une température de 73°C. À ces conditions, le traitement thermique est suffisant pour détruire complètement tous les staphylocoques, les coliformes, les micoorganismes et le bacille de la tuberculose d'égale résistance.

Aussi, ce traitement thermique atteint le seuil permettant la destruction totale de l'enzyme phosphatase alcaline. D'ailleurs, la présence ou l'absence de cet enzyme nous permet de vérifier la précision de la pasteurisation.

Afin de s'assurer que les conditions de pasteurisation soient atteintes, les appareils modernes devraient être équipés:

— d'une valve de diversion à double clapet;
— d'une sonde thermique précise;
— d'une pompe de surpression;
— d'un dispositif de contrôle de pression.

3. La pasteurisation à ultra haute température (U.H.T.)

Récemment s'est ajouté le procédé U.H.T.: (ultra-haute température). Le lait est traité entre 135°C et 150°C pendant 2 à 10 secondes.

Dans l'industrie fromagère, on utilise surtout la pasteurisation haute et rapide à l'aide de l'appareil à plaques.

b) Préchauffage

Ce traitement, d'une part, quoique moins sévère que la pasteurisation, permet de ralentir substantiellement l'activité de la flore microbienne et, d'autre part, de favoriser l'affinage des fromages.

Des traitements thermiques de l'ordre de 60 à 65°C pendant 16 secondes correspondent aux conditions habituellement utilisées pour les fromages cheddar destinés à être affinés.

Il faut éviter que le préchauffage soit excessif puisqu'on désire qu'il n'ait pas d'effet sur les enzymes présents naturellement dans le lait et sur ceux de la flore hétérogène qui contribueront largement ensuite à la maturation du fromage lors de son affinage. Il s'agit surtout des enzymes protéolytiques autres que ceux produits par les psychrophiles. L'activité combinée des enzymes et de la flore hétérogène du lait avec celle du ferment et de la présure servent à la maturation du fromage.

Ainsi, si le traitement de préchauffage a été effectué à une tempéra ture trop élevée ou à un temps de retenue trop long, il en résultera une maturation ralentie qui pourra dévier sur des saveurs de type amer ou autres. Donc, la texture du fromage au cours de la maturation est conditionnelle à l'activité de certains enzymes protéolitiques.

La législation canadienne permet la mise en marché immédiate d'un fromage pasteurisé alors qu'elle exige une retenue de 60 jours pour le fromage préchauffé; il doit de plus être conservé à plus de 2°C.

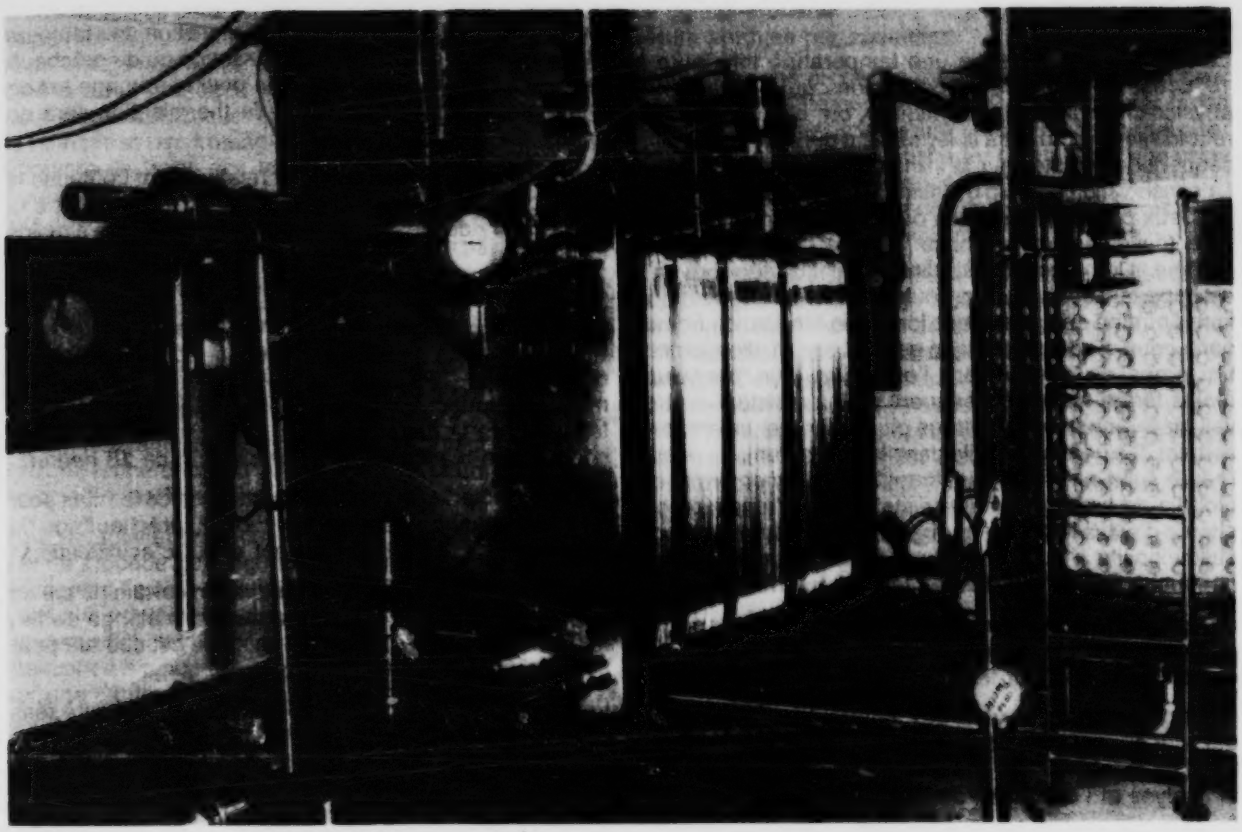


Photo 5 — **Pasteurisation H.T.S.T.**

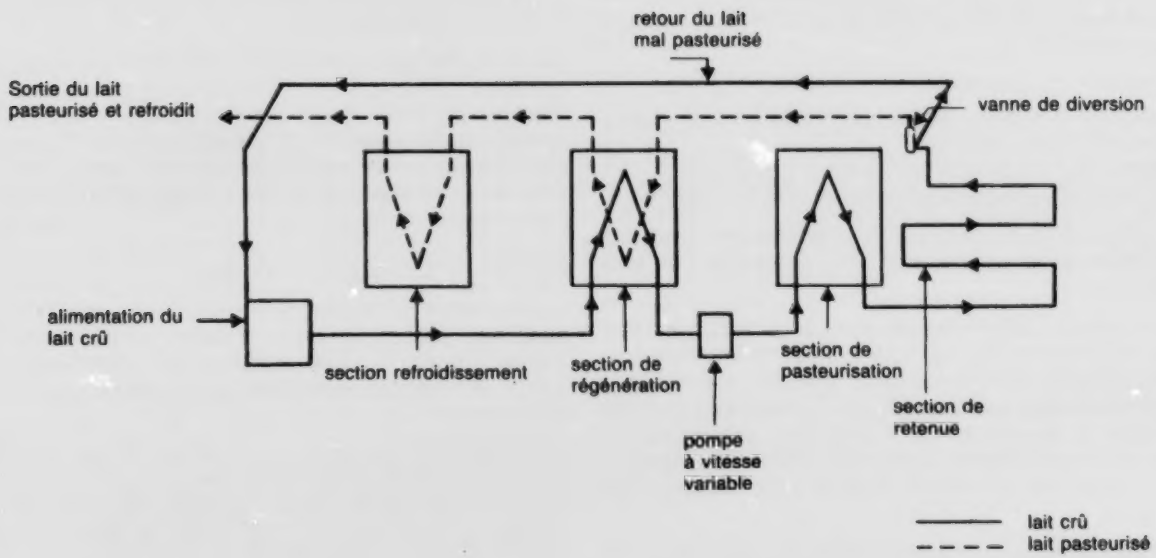


Schéma 1 — **PASTEURISATEUR**
(Pasteurisation haute et rapide: H.T.S.T.)

c) Thermisation

La conservation du lait à une température inférieure à 10°C est à l'origine de modifications qui peuvent être physico-chimiques, biochimiques ou biologiques. Le refroidissement du lait à la ferme peut donc avoir des conséquences néfastes sur la transformation de ce produit. La conservation au froid occasionne des modifications sur les deux phases dispersées du lait, soit la phase micellaire (caséines) et la phase grasse. Les micelles de caséine et les constituants salins forment un équilibre qu'il est important de préserver. Toute modification de cet équilibre entraîne des problèmes lors de la fabrication fromagère: ceux-ci se traduisent en général par un allongement du temps de coagulation, l'obtention d'un coagulum moins ferme (et par conséquent moins résistant au travail mécanique), un égouttage plus difficile et un accroissement des pertes de caillé dans le lactosérum. La phase grasse subit aussi des transformations. La membrane du globule de gras qui assure la stabilité de l'émulsion est altérée d'où libération de matières grasses et plus grande susceptibilité à la lipolyse. Il y a formation accélérée de la couche de crème dans les laits maintenus au froid.

Le système, s'il est bien opéré, assure un produit microbiologiquement sain tout en minimisant les conséquences de la chaleur sur les constituants du lait.

Le refroidissement a aussi des incidences biochimiques qui sont dues essentiellement à l'action des enzymes du lait. Les réactions que l'on rencontre sont la protéolyse, la lipolyse et l'oxydation des acides gras.

Lors du refroidissement du lait, certains micro-organismes (psychrotrophes) peuvent causer une détérioration du produit. Les psychrotrophes, principalement les espèces *Pseudomonas* sp., *Achromobacter* sp., *Alcaligènes* sp. et *Flavobacterium* sp.

Généralement, ces bactéries:

— réagissent négativement à la coloration GRAM et positivement à la catalase;
— sont aérobies et non sporulées;
— forment un groupe taxonomique non homogène.

On sait que 90% des souches de psychrotrophes sont protéolytiques ou lipolytiques et que 60% possèdent les deux caractères.

Pour pallier aux effets négatifs du froid sur le lait, une pratique courante en Europe, qui s'implante en Amérique, consiste à thermiser le lait dès sa réception à l'usine. Il s'agit d'appliquer au lait un traitement thermique de façon à ralentir le développement de la flore hétérogène qui aurait pu s'y développer. Cette thermisation peut être suivie ou non d'une prématuration du lait à l'aide de ferments lactiques.

Il est important de thermiser le lait au plus tard 72 heures après la traite pour ralentir la prolifération des microorganismes responsables de la production des enzymes protéolytiques et lipolytiques. Lorsque cette période est écoulée, il y a effectivement production d'enzymes actifs.

Le traitement de chaleur de la thermisation doit toujours être inférieur à celui de la pasteurisation ou du préchauffage subséquent. C'est ainsi que pour le fromage fait de lait pasteurisé, la température de thermisation sera de l'ordre de 60 à 63°C.

Cependant, cette opération est relativement coûteuse si on calcule l'énergie nécessaire pour amener le lait à la température de thermisation et le refroidir ensuite à moins de 5°C.

d) Prématuration

Afin de minimiser les coûts de refroidissement, certains transformateurs ne refroidissent le lait qu'à une température de 9 à 10°C, tout en l'inoculant de 0,1% de ferments lactiques. Dans ce cas, il faut absolument que le temps entre la thermisation du lait et sa transformation en fromage n'excède pas un maximum de 18 heures.

Il faut contrôler la durée entre l'addition de ce ferment pour la prématuration et la pasteurisation ou préchauffage du lait, puisqu'il se produit un léger début d'acidification.

Cette prématuration du lait présente un certain risque de développement de bactériophages. Un mélange de ferments mésophiles avec un thermophile est courant pour certains fromagers européens.

Les ferments thermophiles conservent une activité résiduelle même à une température entre 9 et 10°C. Certains fabricants mal équipés pour thermiser le lait ne font qu'une prématuration du lait à une température inférieure à 5°C tel qu'ils le reçoivent à l'usine. Cette pratique est une assurance que les cellules bactériennes qui s'y développent seront celles désirées.

F- Homogénéisation

Certains fromages, comme le bleu ou le romano, exigent que les matières grasses soient totalement ou partiellement homogénéisées afin de rendre celles-ci accessibles à l'action des lipases responsables de leur goût particulier. Plutôt que d'homogénéiser tout le lait, on peut se limiter à la crème que l'on additionnera au lait destiné à la production du fromage.

G- Préconcentration du lait

La préconcentration du lait peut se faire pour diminuer ou éliminer complètement l'égouttage lors de la fabrication du fromage. L'utilisation de la préconcentration du lait par ultrafiltration si elle est assez poussée produit un «pré-fromage».

Ce pré-fromage retient en plus de l'extrait sec habituel, certains minéraux et une partie des protéines du sérum. Ces dernières peuvent causer chez les pâtes fermes des changements de texture et de saveur durant la maturation. De plus, l'augmentation de la concentration des minéraux dans le caillé affecte les équilibres de la micelle de caséine. Les fromages fabriqués par préconcentration ou par ultrafiltration se différencient quelque peu de ceux fabriqués par la méthode traditionnelle.

L'adaptation de cette technologie a progressé beaucoup et permet aujourd'hui, en utilisant des procédés comme le prélavage du préfromage, de se rapprocher très sensiblement des fromages traditionnels. Le brevet M.M.V., pour Maubois, Mocquot et Vassal, consiste à utiliser dans la fabrication des fromages à pâte molle, du lait que l'on ultrafiltre de façon que le retentat ait la composition du fromage final. Pour ce faire, il suffit d'injecter la présure lors du moulage de ces préfromages. Il n'y a pas ou presque pas d'égouttage qui s'ensuive pour les pâtes molles.

Pour les pâtes fermes, il devra y avoir quand même un soutirage et égouttage complémentaire. Pour les pâtes fermes, de type cheddar ou autres, il est encore impossible de concentrer le lait à un niveau tel qu'il n'y ait pas d'égouttage additonnel. Toutefois, il est possible d'éliminer une partie importante de l'égouttage. Il y a une économie substantielle de ferments et de présure. Des travaux de recherche sont actuellement en cours pour améliorer cette performance.

Il est mondialement reconnu, pour les pâtes fermes, que par un procédé de préconcentration, on peut facilement concentrer l'extrait sec du lait à un degré maximal de 18% sans avoir de problème secondaire. Au dessus de cette concentration, les économies d'enzymes coagulants commencent à s'amoindrir; en outre, on commence à observer une diminution du rendement et la détérioration de la texture.

Cette perte de rendement serait due à la solubilisation de la β-caséine lorsqu'on préconcentre le lait à plus de 18% en extrait sec. Une solubilisation de la β-caséine commencerait à partir de cette concentration. La viscosité du lait rendrait aussi plus difficile l'accès des micelles de caséine à l'enzyme coagulant. Ce sont là deux phénomènes particuliers.

Les procédés de préconcentration brisent les matières grasses à moins que le lait n'ait été écrémé. De plus, contrairement à l'évaporation, de même qu'à l'osmose inversée, qui conservent au lait tout l'extrait sec original, l'ultrafiltration permet l'élimination d'une bonne partie des produits solubles tels que le lactose, le phosphore et le calcium, etc.

Dans les trois cas, il y a rapprochement des micelles de caséine entre elles puisqu'il y a diminution de volume d'eau dans lequel celles-ci sont en suspension. Le rapprochement des micelles de caséine établit des équilibres et des forces très grandes. Dans les trois cas, la presque totalité des protéines du sérum normalement éliminées par relargage lors de la coagulation, sont alors conservées dans le préfromage. Comme le réseau qui les retient se retrouve très rétréci et que la distance entre chacune des caséines est beaucoup plus courte, cette situation crée de nouvelles forces électrochimiques qui s'opposent. Les protéines linéaires y sont retenues en plus grand nombre, ce qui augmente le rendement. Toutefois, il faut éviter qu'une des fractions de la caséine, soit la β-caséine, passe à l'état soluble à cause du déséquilibre ionique, ce qui contribuerait alors à augmenter les protéines du sérum perdues par égouttage.

En utilisant ces procédés de préconcentration, on peut écrémer complètement le produit, préconcentrer le lait écrémé et utiliser de la crème fraîche pour standardiser le préfromage. S'il faut transporter du produit d'une usine à l'autre, il peut être remélangé avant son transport. Il faut toujours s'assurer que la redistribution des matières grasses dans le préfromage soit uniforme.

Des études ont été faites sur l'utilisation de retentat de lait écrémé concentré jusqu'à 30% d'extrait sec par ultrafiltration, puis évaporé à basse température et séché. Cette poudre, après réhydratation, a servi à fabriquer du fromage. Des résultats relativement intéressants ont été obtenus pour certains fromages. Avant d'appliquer cette technique à haute échelle, en particulier pour du fromage préchauffé, il faut pratiquer d'autres essais échelonnés au cours des saisons. Pour le fromage pasteurisé, le fromage cottage et autres, cette technologie est intéressante et permet d'utiliser hors saison le lait qui aurait pu être produit l'été.

CHAPITRE VI:
ÉTAPES DE FABRICATION

La fromagerie a pour but d'extraire du lait la plus grande partie des matières azotées, des matières grasses et des sels minéraux.

Elle sépare le lait en deux parties:
— d'une part, le caillé qui donnera le fromage;
— d'autre part, le liquide qui donnera le lactosérum.

Selon les variétés de fromage, on retrouvera en des proportions diverses les principaux constituants suivants: matières grasses, matières azotées, matières minérales.

La première étape en fromagerie est de procéder à la préparation du caillé, appelée communément la coagulation.

La deuxième étape, appelée égouttage, consiste à assécher le caillé par l'extraction du lactosérum.

L'extraction du lactosérum, dont le volume influencera l'humidité et la nature du fromage, est fonction:
— de la quantité de présure ajoutée;
— de l'acidité du lait;
— de l'acidité du sérum;
— de la température de chauffage du grain, s'il y a lieu;
— de la division du caillé.

La troisième étape est de transformer le caillé égoutté en un produit fini et sapide, c'est la maturation ou l'affinage dont les modalités varient avec les diverses variétés de fromages.

A- La coagulation

La coagulation est la formation d'un gel constitué par la floculation des micelles de caséine. En fromagerie, la coagulation ou caillage, est obtenue par l'action simultanée de l'acide lactique produit par les ferments lactiques et par les enzymes de la présure qui peut être d'origine animale, végétale ou microbienne. (Photo 6)

Un caillé est donc le résultat de l'action combinée dans le lait de la présure et des ferments lactiques.

La floculation par la présure ou le ferment lactique a des aspects différents. La prédominance de l'un ou de l'autre conditionne l'égouttage et la constitution du caillé final.

Lors de la coagulation des fromages, on peut rencontrer les trois types de caillé suivants:

a) Caillé lactique

Dans ce type de caillé, les ferments lactiques transforment le lactose en acide lactique, abaissent le pH du lait, ce qui altère et déminéralise les micelles de caséine.

Le point isoélectrique de la caséine est atteint à un pH de 4,6. À ce pH, la caséine floculе et une partie du calcium est entraîné en solution dans le lactosérum.

Caractéristiques

Le caillé lactique est friable, poreux, peu contractile. Étant friable, les manipulations entraînent des pertes importantes de protéines. Étant aussi poreux, l'égouttage spontané permet l'expulsion d'un sérum clair et abondant.

Par ailleurs, la déminéralisation poussée de la caséine empêche la formation d'un réseau serré de micelles. On obtiendra donc une rétention d'eau importante entre les flocons de caséine précipités.

Pour obtenir un gel lactique résistant, il est important d'avoir une production d'acide lactique abondante dans du lait tenu au repos.

Les facteurs comme la température, le nombre de cellules actives, l'absence d'antiseptiques ou d'antibiotiques, favorisent la croissance des ferments et l'obtention d'un gel lisse et résistant.

b) Caillé présure

Sous l'influence de la présure, nous obtenons deux sortes de caséine.

— L'une, soluble, se retrouve dans le lactosérum;
— l'autre, insoluble, forme une partie du caillé.

Comme ce caillé est irréversible et très minéralisé, les micelles forment un réseau où la caséine se trouve sous la forme de paracaséinate phosphate de calcium, retenant le lactosérum et les matières grasses.

Tableau 5
Quelques exemples de composition moyenne de différents fromages

	Cottage	Brick	Cheddar	Parmesan
Eau	79	41	37	30
Matières grasses	0,3	30,5	32,2	26
Matières azotées	17	22	25	36
Matières minérales	0,6	1,2	2,0	2,8

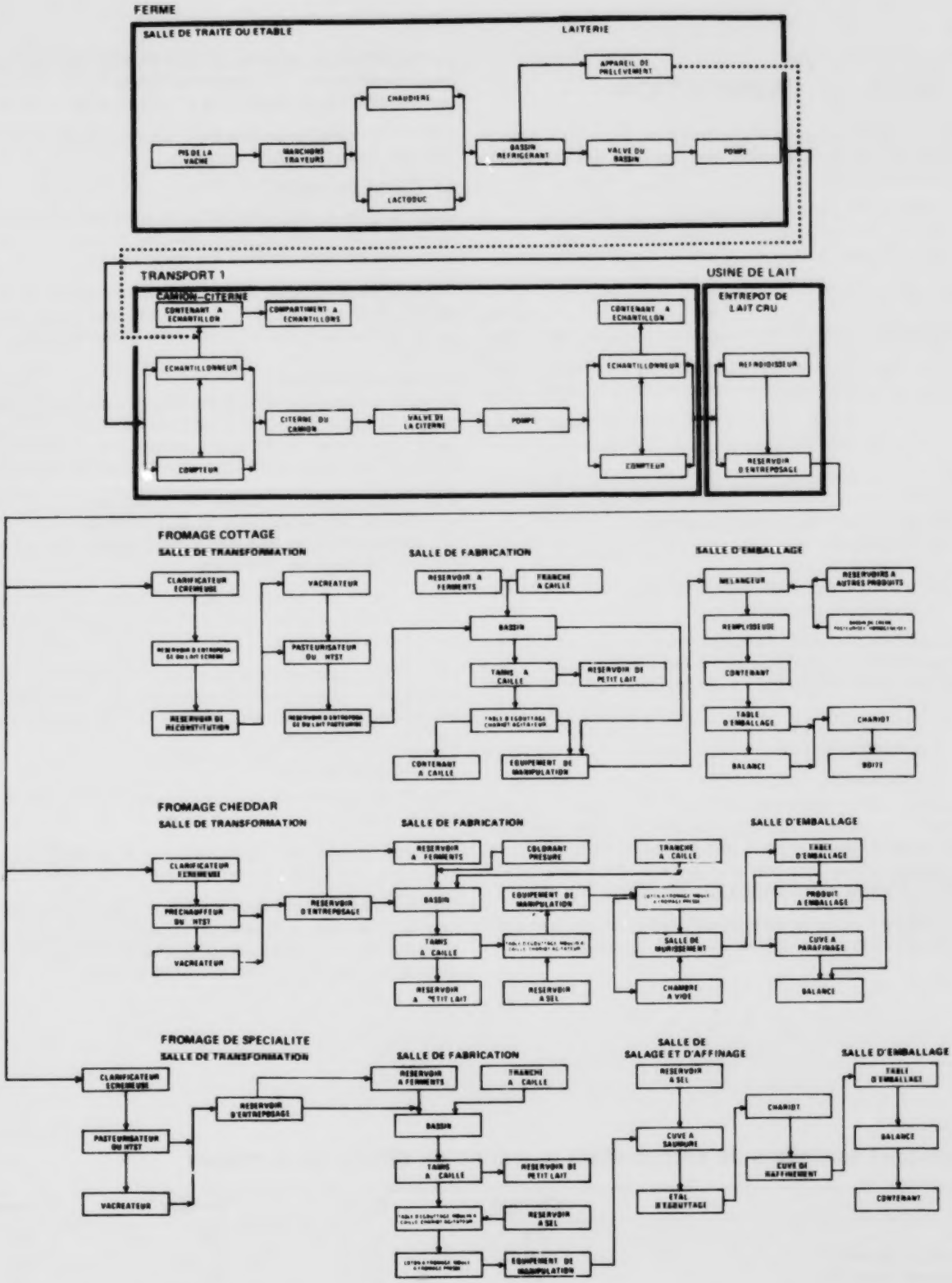


Schéma 2 — **Étapes de fabrication**

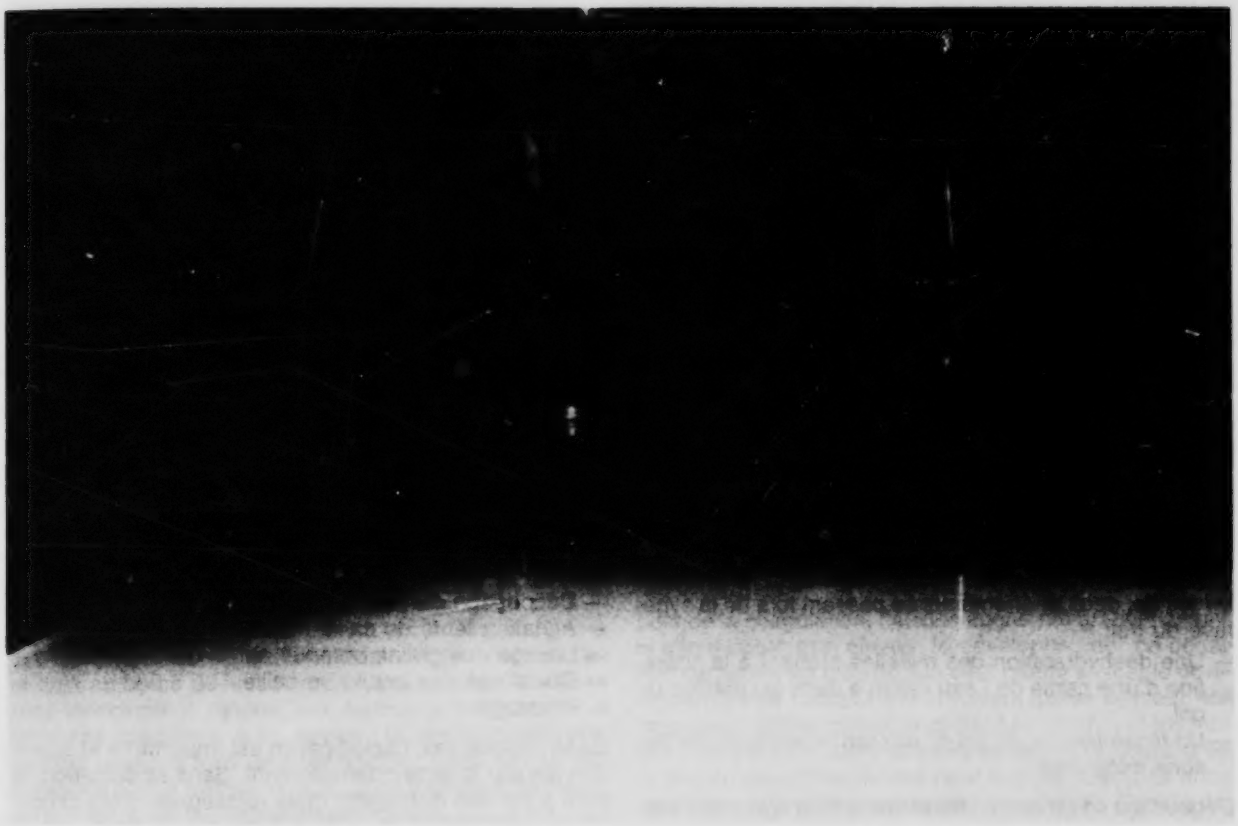


Photo 6 — **Coagulation du lait en fromage**

Le calcium et le phosphate de calcium jouent un rôle important dans les réactions physiques du caillé lors de l'égouttage et dans la dégradation (décalcification) du fromage lors de l'affinage. Le rôle du caillé présure est donc très important dans l'obtention du type de caillé final recherché.

Caractéristiques

Le caillé présure est ferme, élastique, imperméable et contractile.

La fermeté permet l'usage de procédés physiques comme découpage, brassage et pressage pour l'expulsion du lactosérum retenu dans le gel. Cette fermeté augmente avec l'addition de chlorure de calcium et la quantité de présure utilisée.

L'imperméabilité aide la multiplication des ferments lactiques par la rétention de l'eau nécessaire à leurs échanges ainsi que la diffusion des enzymes.

Si on procède à la cuisson des grains du caillé, sous l'action de la chaleur, la contractilité favorise l'égouttage (synérèse).

c) Caillé mixte

Dans la pratique industrielle, un caillé mixte peut être obtenu selon deux techniques: l'emprésurage d'un lait acide ou l'acidification d'un gel présure. Elle résulte de l'action conjuguée de la présure et de l'acidification lactique. Elle est à l'origine de la fabrication de nombreux fromages.

1. Emprésurage d'un lait acide

Le pH optimum de l'action de la présure étant de 5,5 et l'acidité contribuant à déstabiliser les micelles, un lait acide coagule beaucoup plus rapidement. Il accentue les caractères du gel lactique et du gel présure: fermeté et contractilité plus grande qu'un caillé lactique; souplesse et friabilité plus poussée qu'un caillé emprésuré.

2- Acidification d'un lait emprésuré

Un gel présure en présence d'acide lactique subit une solubilisation progressive du phosphate de calcium et perd une partie de son élasticité et devient plus poreux.

Ces deux caillés, étant de structures différentes, réagissent de manière particulière au travail mécanique qu'ils subissent. Un dicton de la fromagerie empirique résume assez bien toutes ces notions:

«A caillé ferme: fromage mou.
A caillé mou: fromage dur.»

B- L'égouttage

Le but de l'égouttage est de favoriser l'élimination du lactosérum contenu dans la masse du caillé. Cette opération détermine, jusqu'à un certain point, la nature du fromage désiré.

En effet, l'égouttage constitue la phase critique de la fabrication du fromage car le lactosérum, composé de plus ou moins d'eau de constitution du lait, entraîne avec lui le lactose, les protéines solubles en quantité variable de même que les sels minéraux.

Le caillé final sera donc d'une composition très variable selon le degré de déshydratation auquel on l'aura soumis.

En réalité, deux phénomènes se passent lors de la synérèse du gel:

— Une déshydratation des micelles menant à la libération d'une partie de l'eau retenue dans les mailles du gel.
— Un resserrement du gel dû aux renforcements des liaisons minérales.

L'égouttage se produira différemment s'il s'agit d'une coagulation acide, présure ou mixte.

Dans le cas du caillé lactique ou acide, la déshydratation des micelles est prépondérante et l'égouttage spontané est de rigueur. La déminéralisation très poussée de ce gel et la constitution très fine des flocons de caséine favorisent la rétention d'eau.

L'égouttage du caillé lactique demeure une opération délicate et difficile. Ce type de coagulation conduit normalement à un fromage humide dont la maturation sera rapide et la conservation relativement courte.

L'égouttage du caillé présure ne se produira pas spontanément s'il est laissé au repos. C'est pourquoi on procède au découpage et à l'agitation contrôlée en faisant intervenir la température, qui favorisera la croissance microbiologique et le développement de l'acidité. Le caillé présure est caractérisé par une minéralisation importante du gel. Cette caractéristique permet une plus grande agitation du caillé et la mécanisation de la fabrication fromagère.

Le caillé mixte se comporte différemment s'il est à dominance acide ou présure.

Le gel dominant présure (ex.: tomme) soumis à l'acidification conserve des facilités d'égouttage plus grandes que le caillé acide.

Pour le caillé dominant acide (ex.: fromage camembert), la friabilité du gel est importante et, ainsi, il faut éviter les agitations mécaniques trop grandes. On se limite donc au coupage du caillé et l'égouttage en moules se produit presque spontanément.

a) Opérations facilitant l'égouttage

1. Caillé lactique

Le moulage et le salage sont les deux facteurs sous l'influence de la température qui permettront l'exsudation plus ou moins prononcée de lactosérum.

À 10°C, l'exsudation est presque nulle,
entre 15° et 20°C, elle est lente, et
de 25° à 30°C, elle est relativement rapide.

Les actions mécaniques doivent être restreintes au minimum.

2. Caillé présure

Plus la quantité de présure est importante, plus le caillé a tendance à être imperméable et les procédés mécaniques ou thermiques suivants peuvent être utilisés:

— Découpage du caillé
— Agitation lente du caillé
— Lavage des grains obtenus après découpage
— Chauffage des grains de caillé
— Pressage

Dans chaque cas, l'acidification est importante et conditionnée par le facteur température. Sans acidification, la pâte n'est pas fromagère mais «plastique». Pour procéder à l'acidification, le caillé doit être peuplé en bactéries lactiques acidifiantes et la température réglée en fonction de la souche de ferments utilisée. Une température trop basse ou trop élevée peut entraîner une diminution ou un arrêt de l'acidification.

b) Accidents d'égouttage

Les accidents d'égouttage sont dûs, dans 90% des cas, à une faible acidité du lactosérum lors de l'égouttage pouvant provenir d'une prématuration trop faible, maturation trop courte et par conséquent de ferment peu actif.

Pâte fraîche: Si le fromage est mal égoutté, il peut se développer en surface une moisissure courante du genre *Oïdium lactis*.

Pâte molle: Si l'égouttage est peu élevé, il y a développement possible d'*Oïdium lactis*, de *Mucor mucedo* et de «coulage» sous la peau de la pâte. Ces défauts peuvent être dus à un mauvais salage ou un mauvais ressuyage après salage. Par contre, si l'égouttage est trop poussé, la pâte devient dure, cassante, plâtreuse, l'affinage est très lent, le coeur du fromage n'affine pas, il y a coulage et le rendement du fromage est trop bas.

Pâte dure et semi-dure: S'il y a manque d'égouttage, après quelques jours en salle d'affinage, les fromages ont tendance à se déformer, l'amertume peut se développer et des gonflements peuvent apparaître.

c) Caractères et classifications des caillés après égouttage

Caillé lactique (Ex.: camembert):
— Très humide – 65% d'humidité
— Très déminéralisé
— Caillé sans cohésion
— Pâte friable
— Maturation dirigée impossible
— Goût acide
— Conservation peu prolongée
— Surtout des fromages de petits formats

Caillé présure (Ex.: cheddar):
— Très égoutté – 35% d'eau
— Pâte minéralisée
— Grains soudés
— Pâte ferme, dure, élastique
— Maturation contrôlée
— Surtout des fromages de gros formats

Caillé mixte: Caractères intermédiaires

C- Affinage

L'affinage consiste en la maturation enzymatique primaire et secondaire. La maturation primaire commence d'ores et déjà au cours de la fabrication, puisque les réactions sont directement reliées aux ferments lactiques et à l'enzyme coagulant. À ce moment-là, les fromages présentent presque tous un goût acidulé. Dans le cas des fromages à pâte fraîche, la fabrication s'arrête à ce stade, si ce n'est qu'on leur ajoute divers additifs: sel, sucre, herbes, etc..., pour en relever la saveur.

Pour les autres fromages, la très grande majorité sont soumis à une maturation secondaire en fonction des caractéristiques suivantes: variété, aspect, texture, consistance, arôme et goût.

Cette maturation secondaire fait intervenir les enzymes des ferments et de la présure; de plus, on ajoute souvent des agents de maturation comme certains enzymes, bactéries, levures et moisissures.

Les conditions de l'environnement ont une incidence directe sur l'affinage:
— L'aération est nécessaire comme source d'oxygène pour la flore superficielle.
— l'augmentation de l'humidité favorise un affinage rapide en aidant au développement des microorganismes.
— La température règle aussi l'affinage: les divers enzymes et les microorganismes réagissent différemment à diverses températures.

En règle générale, on réalise toujours l'affinage à des températures inférieures aux conditions optimales de développement des microorganismes impliqués.

— Température optimale de développement:
de 20 à 25°C: pour moisissures — levures;
de 30 à 35°C: pour bactéries lactiques mésophiles;
de 40 à 45°C: pour bactéries lactiques thermophiles.

— Température indicatrice de maturation:
de 2 à 6°C pour les pâtes molles et de 1°C à 2°C pour une maturation lente et homogène;
de 3 à 8°C pour les pâtes persillées;
de 10 à 12°C pour les pâtes pressées;
de 12 à 13°C en cave froide; puis
de 16 à 20°C en cave chaude pour les pâtes cuites.

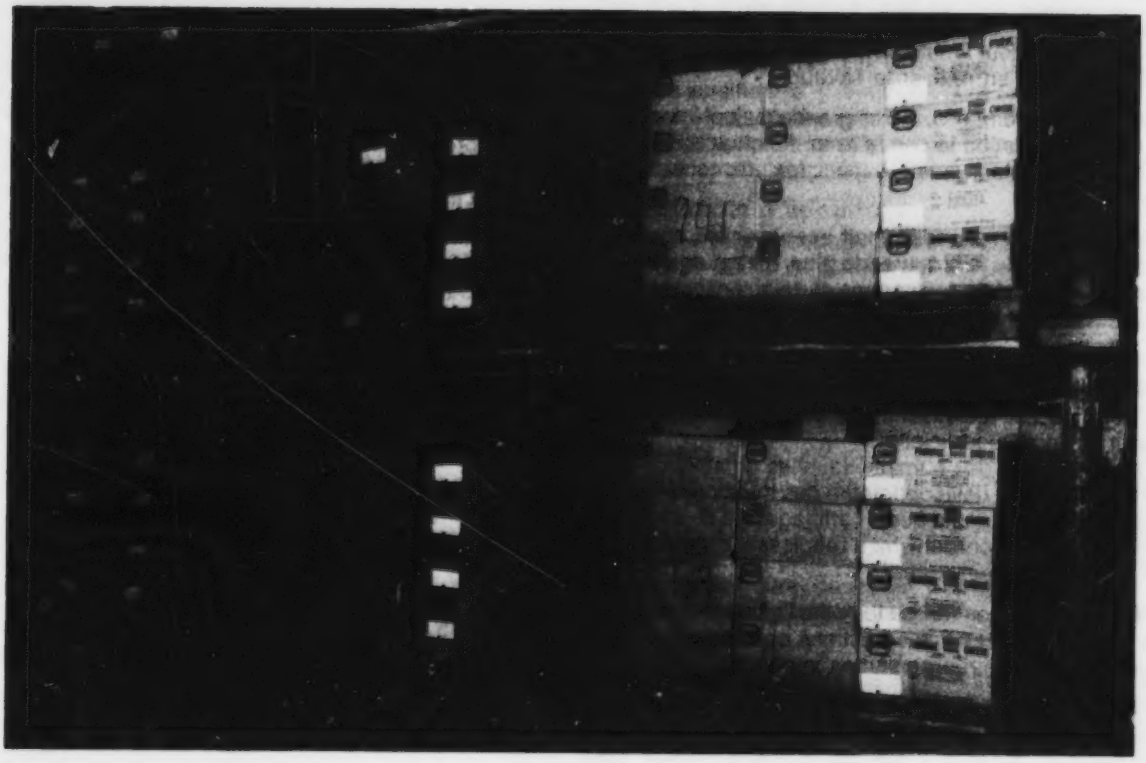
(Voir photos 7, 8 et 9)

En affinant les fromages à une température inférieure à la température optimale de développement des microorganismes désirables, on contrôle mieux cette flore et on assure aux enzymes le temps nécessaire pour transformer les matières azotées et grasses en des produits organiques ayant des propriétés organoleptiques recherchées.

Les bactéries lactiques jouent leur rôle au moment de la fabrication, mais elles sont remplacées par leurs enzymes et par d'autres microorganismes au cours de l'affinage. L'addition du sel avant l'affinage contribue à éliminer la plupart des bactéries lactiques et à réduire la teneur en humidité du fromage.

Lors de la coagulation, l'acidité augmente graduellement: si elle devient trop élevée, le développement de certaines bactéries est retardé. On peut même arrêter le développement de l'acidité soit en lavant (pâtes fermes), soit en cuisant (pâtes cuites) le caillé. Les levures et les moisissures peuvent alors prendre la relève et désacidifier la plupart des pâtes molles pour que les réactions enzymatiques de protéolyse puissent se produire. Dans le cas des pâtes fermes et cuites, le caillé étant moins acide (pH 5,2 — 5,4), la protéolyse peut démarrer spontanément. D'ailleurs, comme nous l'avons vu précédemment, le caillé présure, peu acide, retient plus de minéraux qui, en présence du sel ajouté, stoppent la croissance des bactéries lactiques.

Nous retenons donc à ce chapitre qu'il y a énormément de variantes quant aux choix de conditions et des ingrédients ajoutés lors de la coagulation, de l'égouttage et de l'affinage. Ces variations sont importantes, mais elles doivent être contrôlées très sérieusement par le fromager s'il veut maintenir l'uniformité et reproduire les qualités recherchées par les consommateurs pour un produit qui est vivant, donc en constante évolution.



Photos 7 et 8 — **Affinage**

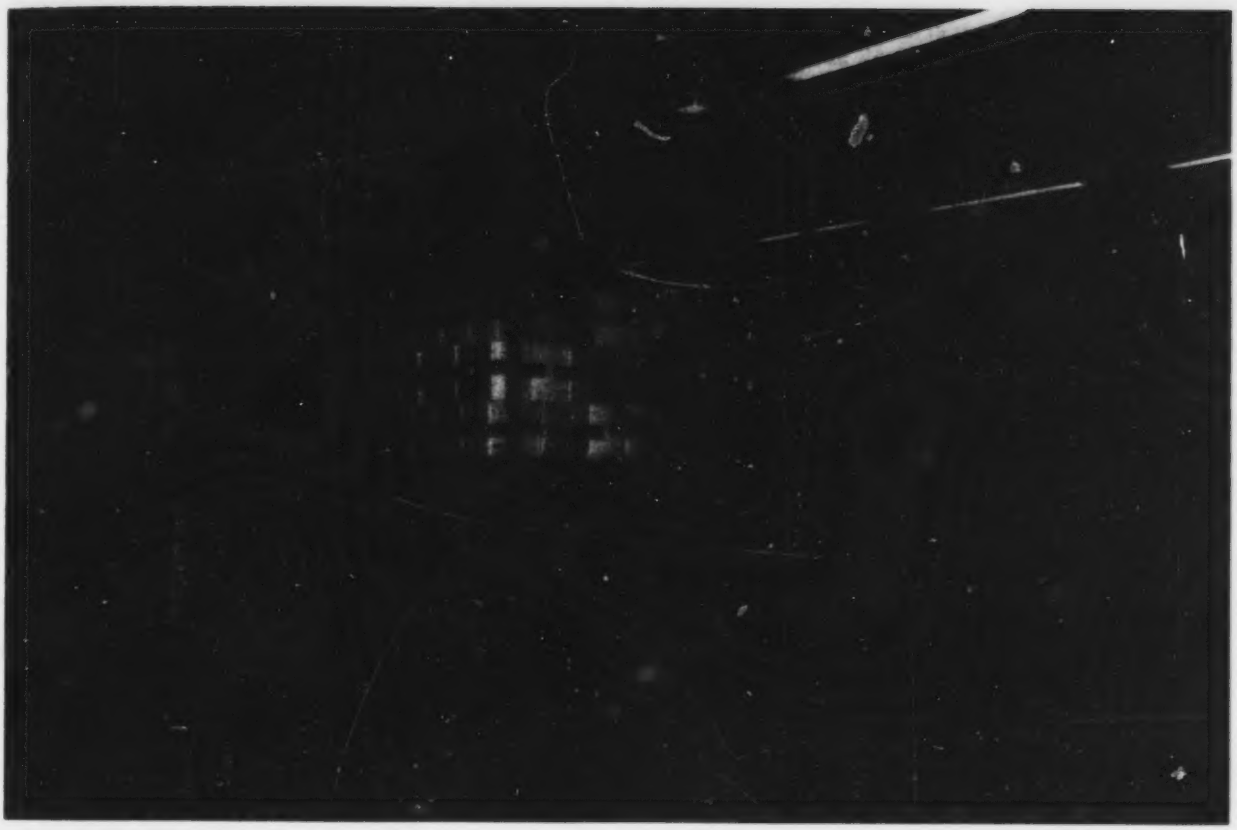


Photo 9 — **Affinage**

CHAPITRE VII:
DESCRIPTION DE QUELQUES FABRICATIONS

Ce chapitre traite de façon globale et descriptive de quelques variétés seulement sans nécessairement tenir compte de toutes les variantes et adaptations développées en fonction de nouveaux procédés, de nouvelles technologies et du développement de la science.

De fait, nous avons retenu comme exemple quatre fabrications.

A- Le cheddar, à cause de son importance historique, de sa fabrication spécifique et du volume important encore fabriqué de nos jours.

B- Le gouda, qui, de par certaines de ses caractéristiques, ressemble au cheddar, mais s'en éloigne par son mode de fabrication.

C- L'emmental, dont la fabrication, la pâte et l'affinage diffèrent des précédents.

D- Le camembert, dont les caractéristiques de fabrication, de texture et d'affinage sont intéressantes et tranchent sur les variétés précédentes.

A- Le cheddar

Introduction

Le fromage cheddar est fabriqué à partir de lait entier, cru, traité à la chaleur ou pasteurisé, auquel on ajoute une petite quantité de ferment lactique. L'addition de présure provoque l'épaississement du lait, qui se caille, et qui devient ferme lorsqu'on le chauffe. Le fromage cheddar doit ses particularités uniques au procédé de soudure ou de pilage du caillé connu sous le nom de «cheddarisation». Une fois sorti du bassin, le caillé est pressé dans des moules de formes diverses. Après démoulage, le fromage peut être soit asséché en surface puis immergé dans de la paraffine chaude, pour lui donner une enveloppe protectrice comme dans le cas des meules; soit immédiatement emballé sous vide avec un revêtement lamellé imperméable, comme dans le cas du fromage en bloc. Ces deux procédés visent à empêcher la moisissure ou le dessèchement du fromage pendant la période de maturation ou d'affinage, qui se déroule dans une salle aménagée à cette fin.

Certains procédés de fabrication donnent le fromage désiré, c'est-à- dire un fromage de consistance ferme, de texture compacte et à maturation lente. Dans de bonnes conditions de maturation, le fromage aura une consistance lisse, cireuse ou pliable, et s'il est fait avec du lait de bonne qualité et dans les conditions hygiéniques nécessaires, il aura un goût et un arôme caractéristiques.

Les particularités du fromage varient en fonction des modifications apportées au procédé de fabrication, par exemple dans la quantité d'acide ou le taux d'acidité, la température de cuisson et la durée du refroidissement, ou dans le procédé de pilage du caillé et la teneur en humidité. Le développement de l'acidité du fromage doit être proportionnel à sa teneur en humidité. Le respect du procédé de fabrication normalisé et établi assure une meilleure uniformité du produit.

Le fromage cheddar étant un produit obtenu par fermentation, il subit constamment des modifications. Pour préserver ses qualités de goût, de consistance et de texture, de couleur et de maturation, il est essentiel d'utiliser:

1) du lait de bonne qualité;
2) un équipement propre;
3) un ferment dont l'activité est uniforme;
4) un procédé de fabrication normalisé et établi;
5) une température de maturation contrôlée;
6) une durée contrôlée de maturation.

Les changements survenus dans la fabrication du cheddar au cours des 10 à 15 dernières années ont entraîné des modifications en ce qui a trait à l'affinage et à la maturation. Ces changements sont dus à l'effet combiné d'un certain nombre de facteurs comme:

— la manutention du lait en vrac de meilleure qualité bactériologique;
— l'amélioration de la qualité microbiologique du lait;
— la modification de la flore microbienne du lait;
— l'automatisation de la fabrication du fromage;
— l'avènement des grosses fromageries;
— la modification des méthodes de fabrication;
— la diversification;
— la présence d'antibiotiques dans le lait;
— le type d'enzymes et de ferments utilisés pour produire le caillé.

a) Lait

Le procédé de fabrication du cheddar consiste à chauffer et à presser le caillé obtenu par l'action de la présure sur le lait entier. Ici, au Québec, ce fromage se nomme communément «fromage canadien» comme aux États-Unis, il se nomme «fromage américain».

Il n'est pas superflu d'insister sur la qualité du lait et sa propreté de même que celle des locaux, de l'environnement, de l'équipement, des ustensiles et du personnel.

La qualité du lait est fondamentale. Toutes les précautions doivent être prises pour écarter tout le lait rendu impropre soit à la ferme, dans le transport ou encore à l'usine.

Le lait sera clarifié ou filtré avant d'être transformé, de manière à éliminer toute matière étrangère qui aurait pu s'y introduire lors des manipulations diverses.

Un groupe d'analyses et de vérifications minimales sont suggérées au chapitre traitant du contrôle de la qualité du présent guide. Nous recommandons que ces vérifications sur la matière première soient exécutées, ne serait-ce que pour permettre de conserver des données précieuses permettant ainsi d'interpréter des défauts ultérieurs et de corriger certains problèmes.

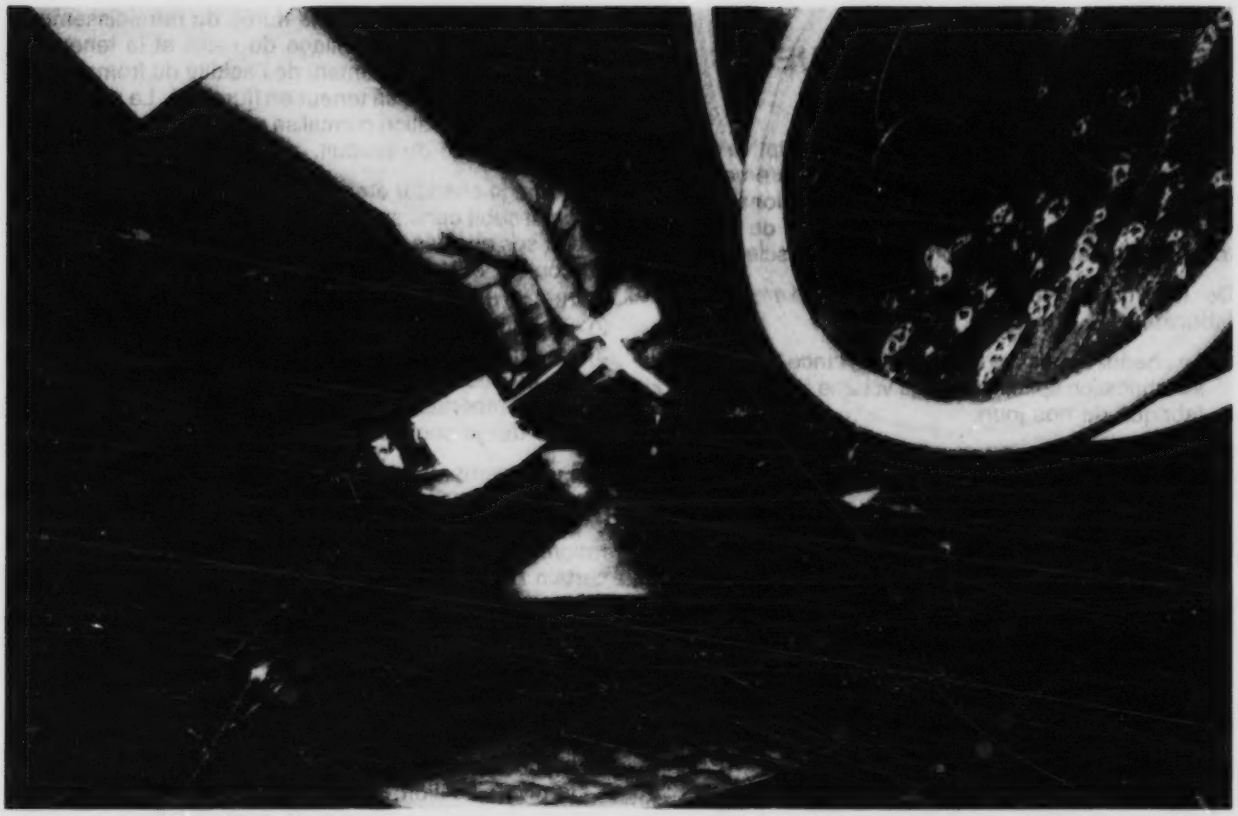


Photo 10 — **Échantillonage du lait lors de sa réception à l'usine**

La standardisation du lait fut interdite depuis la fin du siècle dernier jusqu'à 1966; cette pratique est maintenant permise en fromagerie.

Selon la norme canadienne, le cheddar doit contenir:

a) au plus 39% d'humidité;
b) au moins 31% de gras de lait.

Il faudra donc vérifier souvent le contenu en matières grasses et en humidité du fromage afin de respecter cette norme minimale.

En certaines périodes de l'année, il faudra peut-être ajouter de la crème au lait pour que le fromage rencontre cette norme.

En général, quand le lait contient plus que 3,4% de matières grasses, on peut le standardiser soit en enlevant du gras par un clarificateur-standardisateur, soit en ajoutant du lait écrémé, soit encore en ajoutant du lait écrémé en poudre. Il est recommandé de n'utiliser que de la poudre de lait de très bonne qualité, à indice de solubilité élevé, traitée à basse température et exempte de spores.

b) Ferment

Dans la fabrication du fromage cheddar, on utilise une forte prédominance de bactéries lactiques.

Nous vous référons au chapitre des ingrédients ajoutés pour des renseignements supplémentaires.

Pour la fabrication du cheddar, on recommande d'ajouter le ferment lactique dès que le lait est introduit dans le bassin de fabrication. La quantité de ferment ajoutée variera en fonction de plusieurs variables mais, en pratique, la quantité utilisée ne devrait pas dépasser 2% du volume du lait.

c) Couleur

Voir chapitre IV Rôle des ingrédients ajoutés.

d) Présure

Voir chapitre IV Rôle des ingrédients ajoutés.

Pour le cheddar, la température idéale d'emprésurage est de 30°C. Cette température doit être uniforme dans tout le bassin. Il faut ajouter assez de présure pour que le lait caille entre 25 et 30 minutes. Actuellement, plusieurs substituts de présure de concentrations diverses sont utilisés. L'expérience du fabricant est très importante pour connaître la quantité de présure en fonction de la saison, de l'acidité du lait et de l'enzyme utilisé.

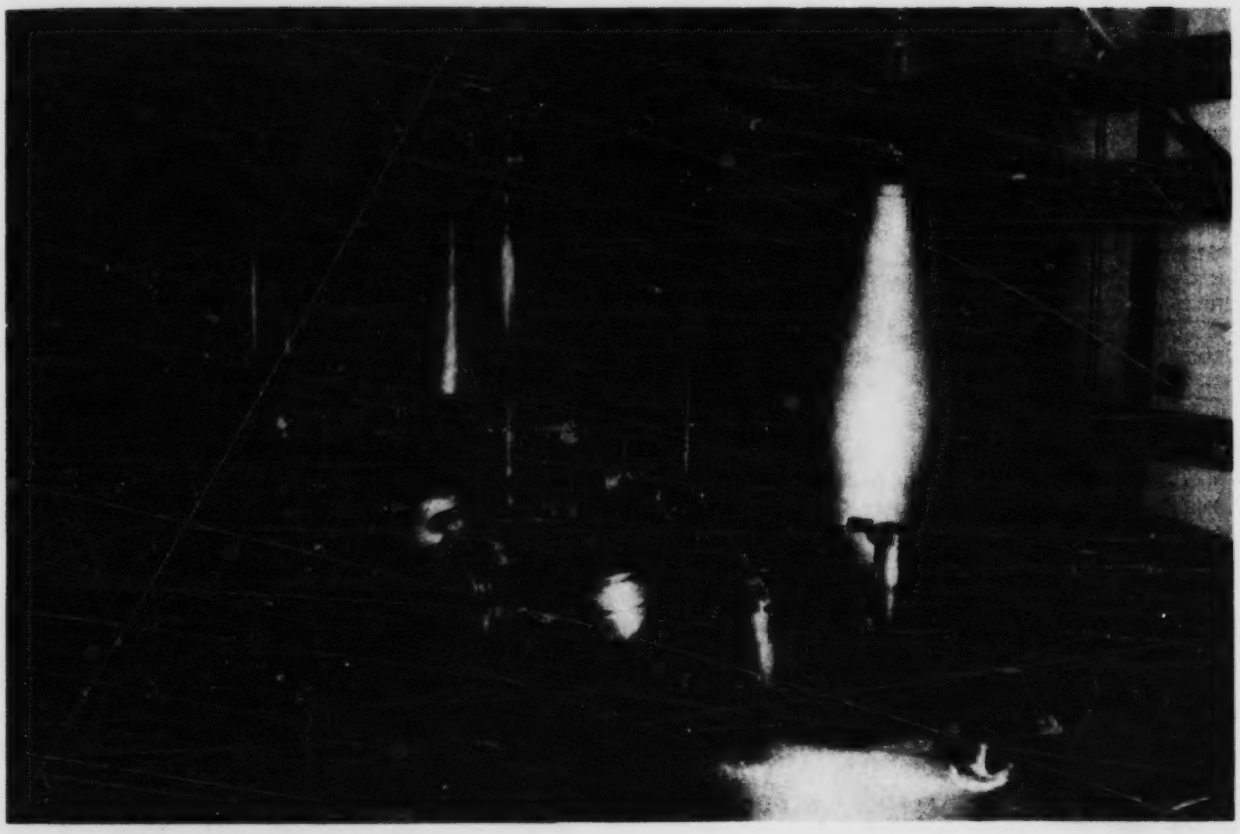


Photo 11 — **Cuves à ferments**

La présure est incorporée dans le bassin selon les indications du manufacturier. L'agitation est maintenue de 2 à 3 minutes pour assurer une répartition uniforme de cet enzyme coagulant dans tout le volume de lait.

Dans le cas du lait pasteurisé, il est indiqué d'ajouter quelques millilitres d'une solution saturée de $CaCl_2$.

e) Coagulation

Le temps de coagulation sera plus ou moins long selon le type d'enzyme, l'acidité du lait et sa température.

Plusieurs techniques comme le revers de la main, l'index et le thermomètre sont utilisées pour déterminer la fin de la coagulation. Il est important de couper le caillé à temps pour limiter les pertes de matières grasses et de caséine.

f) Coupage du caillé

Le coupage du caillé est effectué à l'aide de couteaux adaptés aux bassins utilisés et selon une méthode visant l'obtention de grains de 5 à 6 mm d'arête.

Le caillé fraîchement coupé étant très friable, l'agitation mécanique sera très lente au début. D'ailleurs, l'agitation dans le bassin commence 4 à 5 minutes après le coupage.

L'acidité du lactosérum à ce moment est de l'ordre de 12-13°D, et on se servira de cet indicateur pour surveiller le processus de fabrication.

g) Cuisson

Le chauffage du caillé, appelé «la cuisson», consiste à élever la température du bassin de 30°C à 38°C et de la maintenir à ce degré jusqu'au soutirage du caillé.

Lors de la cuisson, on note les changements suivants:

1. La température du bassin passe de 30 à 38°C.
2. Le caillé se raffermit.
3. Les bactéries lactiques se multiplient dans le caillé.
4. Le lactose se transforme en acide lactique.

La cuisson commence généralement entre 10 et 15 minutes après le coupage, selon l'acidité du caillé. On attend donc que l'acidité se développe avant de commencer à cuire.

Au début, la température est élevée lentement, soit environ 0,5°C par intervalle de 5 minutes, et plus rapidement par la suite afin d'atteindre 37°C en 30 à 35 minutes.

Photo 12 — **Coupage du caillé**

Photo 13 — **Cuisson du caillé**

Un chauffage trop rapide cause la formation d'une pellicule imperméable à la surface du grain de caillé. Ce dernier parait alors ferme, mais se ramollit au cours des étapes ultérieures et devient trop acide.

Le fabricant doit exercer son jugement et ajuster les conditions de fabrication de façon à obtenir la fermeté voulue avec une basse température de cuisson.

La température de cuisson doit être maintenue jusqu'au soutirage. Une baisse de la température retarde le raffermissement. Il faut toutefois surveiller pour que le caillé ne prenne pas en mottes.

h) Soutirage

On recommande de faire un soutirage partiel lorsque l'acidité atteint 15 ou 16°D.

Entre 30 à 40 minutes après ce premier soutirage, on arrête toute agitation , on laisse le caillé se déposer au fond du bassin. Avec un râteau, on dégage la vanne du bassin en remontant lentement le caillé. On fixe le couloir et on ouvre la vanne pour laisser écouler le petit lait.

Pour une plus belle texture, on retourne le caillé, le coupe en blocs plus ou moins gros, mais on ne l'émiette jamais à sec.

Un brassage trop brusque du caillé et un excès d'acidité confèrent une mauvaise texture au fromage et occasionne des pertes de caséine dans le lactosérum.

Le petit-lait étant sorti, il faut égoutter le caillé. Le caillé est disposé de chaque côté du bassin, laissant une tranchée au centre pour l'égouttement (voir photo 15). Après 4 à 5 minutes, le caillé est tranché en blocs de 8 à 10 pouces qui sont retournés sur eux-mêmes afin de faciliter l'égouttement du petit-lait. Ces blocs sont retournés de nouveau jusqu'à l'obtention du bloc final pour la cheddarisation et l'élimination complète du petit-lait (voir photo 16).

i) Cheddarisation

La cheddarisation s'est popularisée vers 1870. Elle consiste en une série de retournements des blocs de caillé. Le cheddar est pratiquement le seul fromage obtenu par cette technique de fabrication.

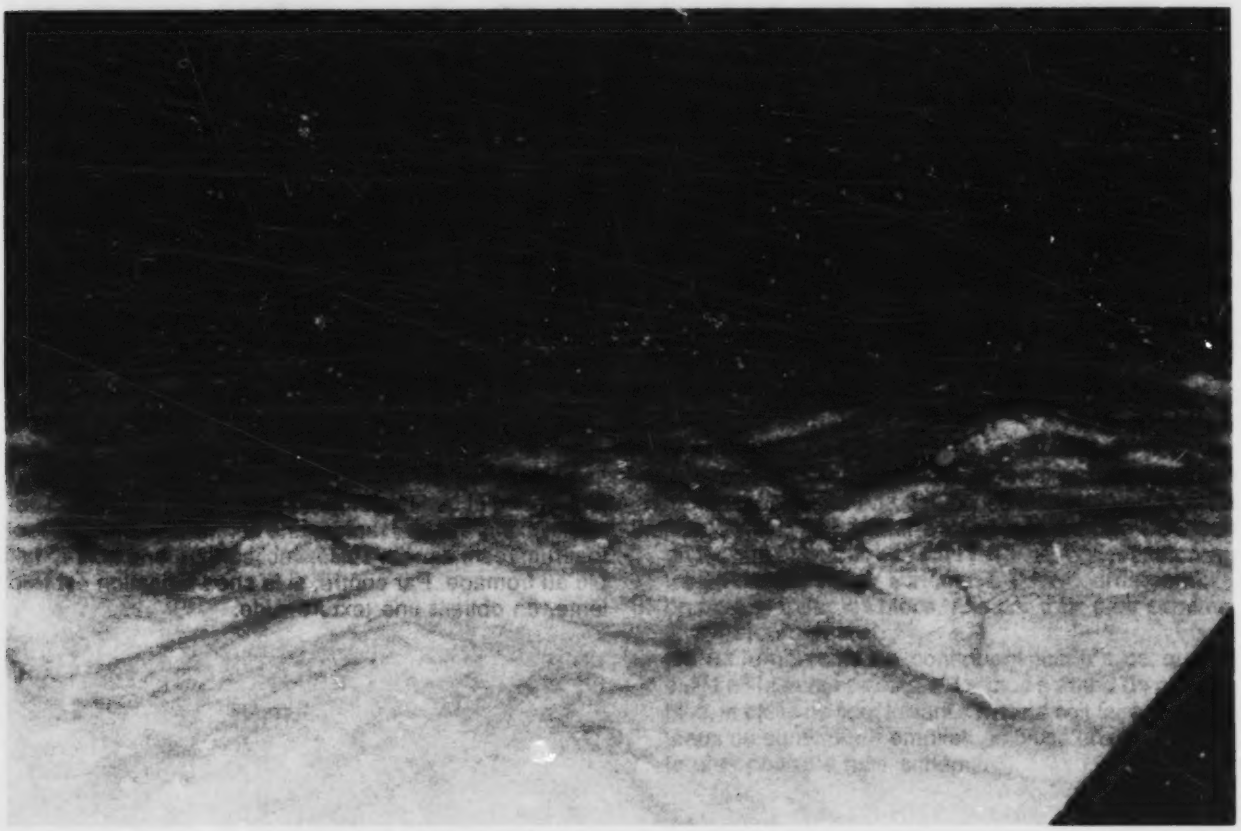


Photo 14 — **Soutirage partiel**

Photo 15 — **Égouttage du caillé**

Les grains de caillé se soudent et forment une texture spéciale appelée «chair de poulet». La cheddarisation confère au fromage une texture finale plus lustrée et non granuleuse.

La cheddarisation est rapide si le caillé est plus acide et plus chaud et que les retournements sont fréquents. Toutefois, si elle est trop rapide, une certaine quantité de lactosérum reste dans le caillé; ceci confère une texture faible au fromage. Par contre, si la cheddarisation est trop lente, on obtient une texture rude.

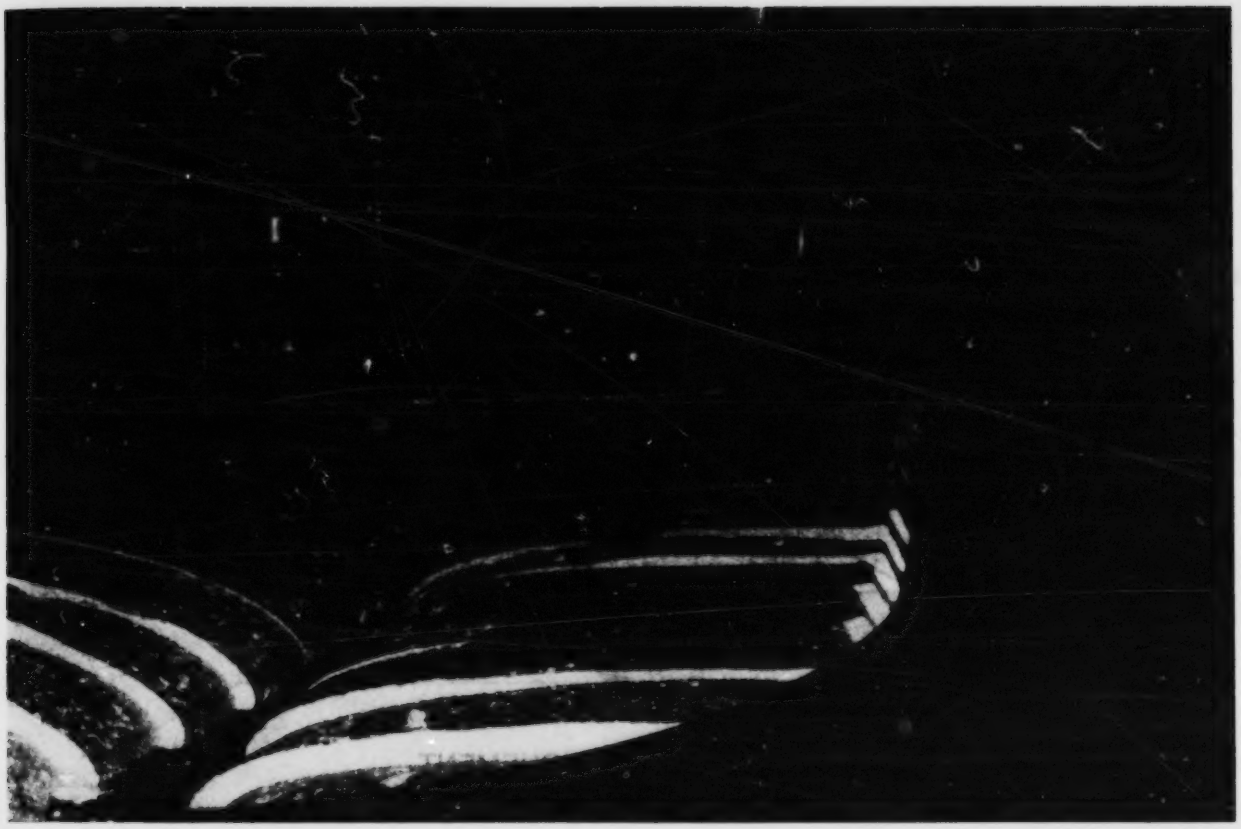


Photo 16 — **Égouttage du caillé**

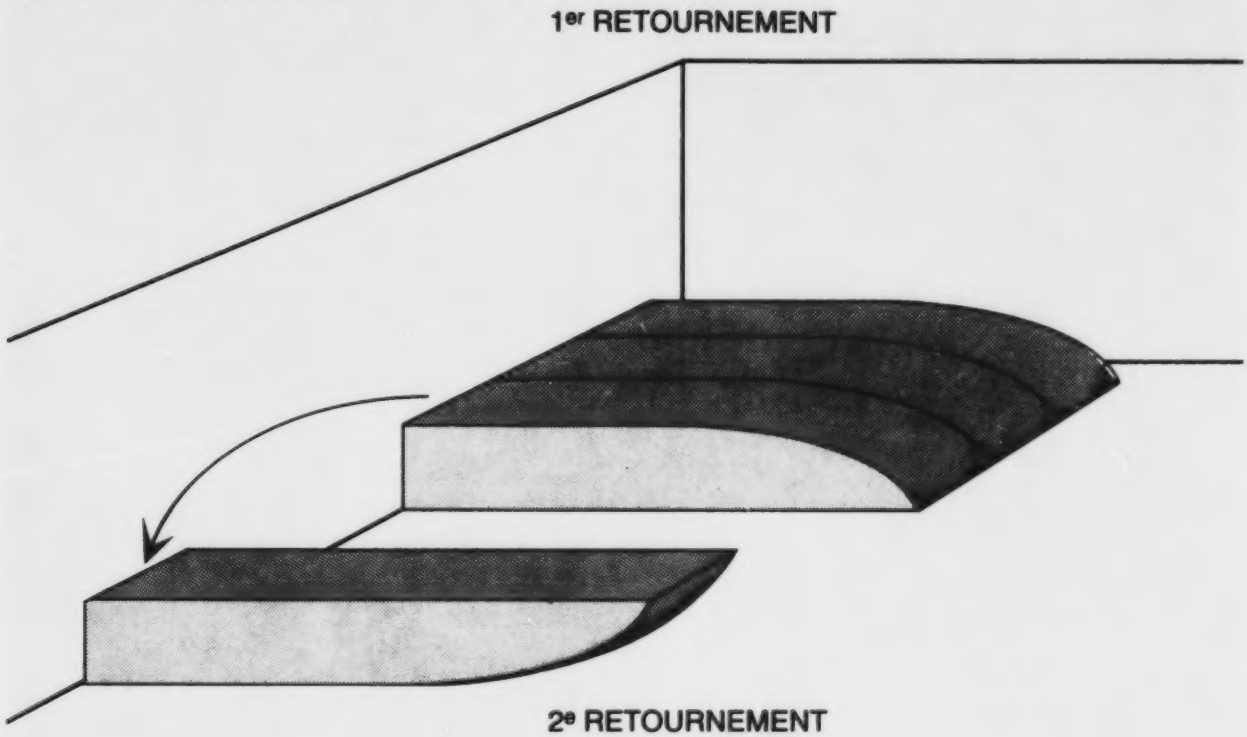
Durant la cheddarisation, le fromage subit les modifications suivantes:

1. Les bactéries continuent de se multiplier.
2. Les bactéries lactiques transforment le lactose du petit-lait et du caillé en acide lactique.
3. La croissance des bactéries productrices de gaz est ralentie par l'acide lactique.
4. L'acide lactique favorise la solubilité de certains sels.
5. Le surplus de petit-lait est évacué.

Après le soutirage et la formation du premier bloc, on laisse le caillé former une masse compacte, pendant 20 à 30 minutes. Ce temps varie en fonction de la vitesse de cheddarisation. Par la suite:

1. le caillé est coupé (sens de la largeur du bassin), retourné, et on laisse écouler le lactosérum environ 10 minutes (voir schéma 3: 1er retournement);
2. chaque morceau de caillé est coupé en deux (longueur du bassin) et empilé l'un sur l'autre, le morceau du centre en-dessous (voir schéma 4: (2^{e} retournement);
3. on peut empiler les blocs trois par trois (voir schéma 5: 3^{e} retournement);
4. les retournements se continuent jusqu'à ce que le caillé ait la texture désirée. Le bloc s'étend de plus en plus, le caillé devient luisant. On peut soit faire des rouleaux ou continuer à empiler les blocs en les croisant le plus possible (voir schéma 6).

Schéma 3 — **1er retournement**



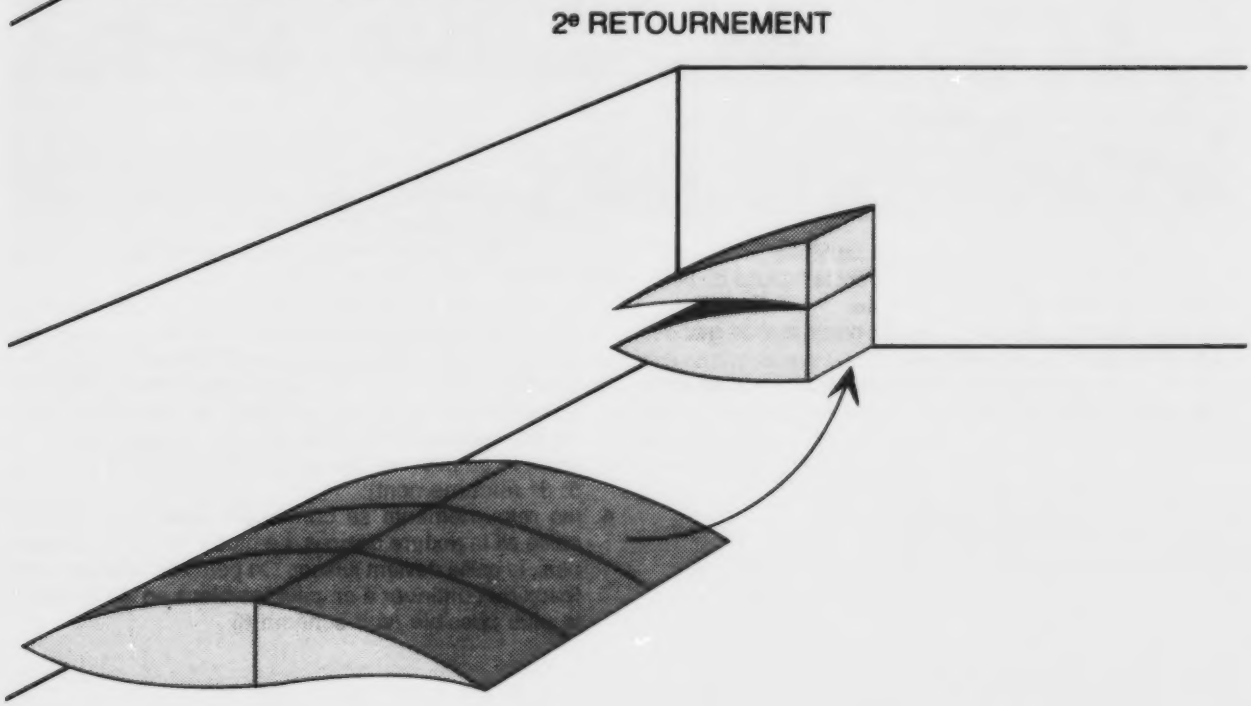
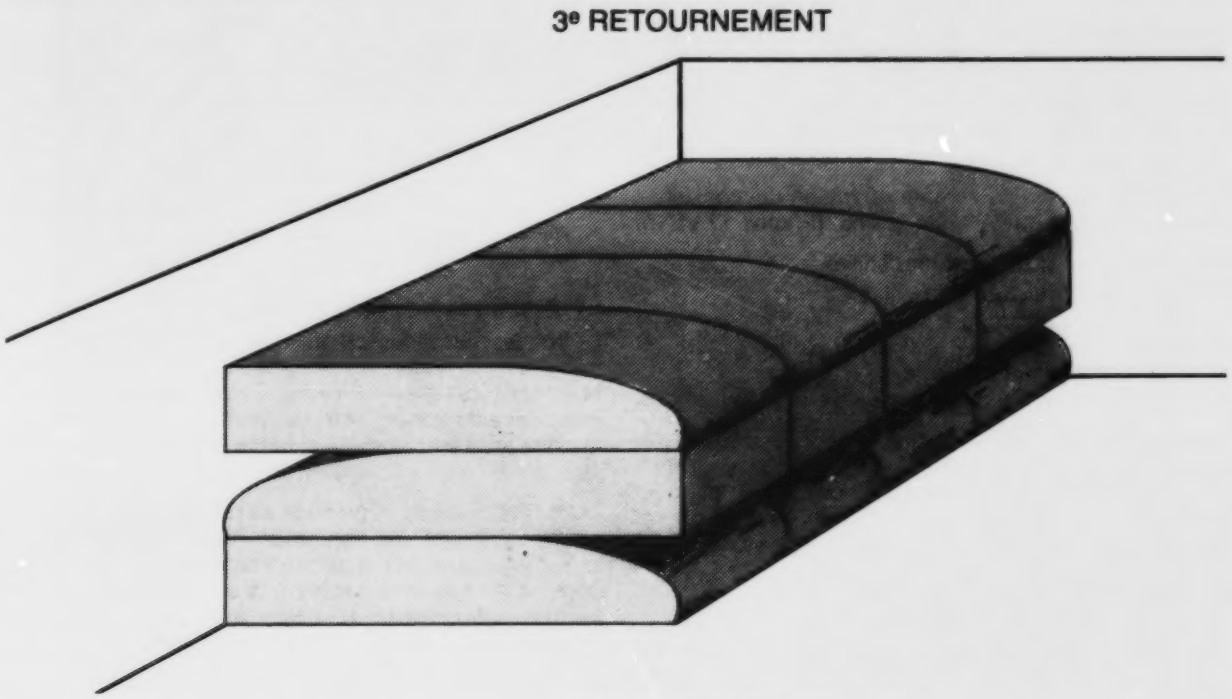


Schéma 4 — **2e retournement**

Schéma 5 — **3e retournement**



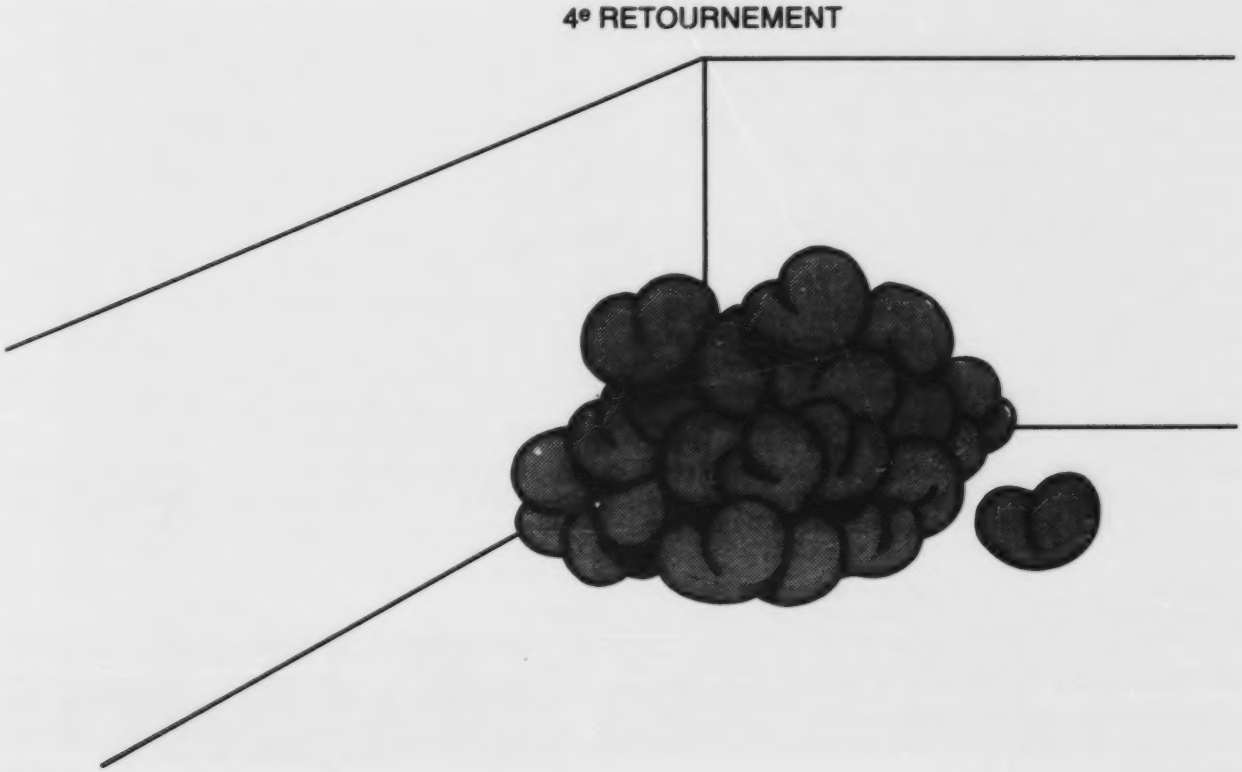


Schéma 6 — **4e retournement**

Durant les retournements, on doit maintenir la température du caillé.

Pendant tout ce travail, l'acidification a progressé pour atteindre environ 60-65°D dans le lactosérum.

La durée de cheddarisation varie en fonction de la teneur en humidité désirée dans le produit final.

j) Passage au moulin

Le passage au moulin est une opération qui consiste à couper les blocs de caillé en grains. (Photos 17 et 18)

Cette opération a pour but de faciliter:

1. l'expulsion complète du petit-lait;
2. l'uniformité du salage à sec;
3. l'aération du caillé (s'il y avait du gaz);
4. le refroidissement du caillé;
5. l'uniformisation du caillé dans les blocs de fromage.

Immédiatement après le coupage, le caillé se resoude très facilement, on doit le brasser le plus tôt possible, l'étendre en couche mince d'abord, et ne pas trop tarder pour le deuxième brassage. Les brassages seront fréquents tout en évitant que le caillé devienne «graisseux».

k) Salage

Le salage consiste à étendre environ 2% de sel en couches minces et uniformes sur les grains de caillé. On brasse pour obtenir une dispersion uniforme du sel tout en brisant les mottes sans nuire à la texture du caillé.

Le salage est effectué quand le caillé a repris son lustre d'avant le passage au moulin et que sa texture est pleine (absence d'ouvertures mécaniques et de gaz).

L'addition du sel a pour but:

1. d'assaisonner et d'égoutter le caillé;
2. d'arrêter l'acidification;
3. d'influencer la maturation;
4. d'inhiber les mauvaises fermentations.

l) Mise en moules

La plupart des fromageries qui fabriquent du cheddar destiné à la maturation ou encore au commerce extérieur utilisent des moules de près de 20 kg de caillé. Il est important que les toiles servant à la garniture des moules soient très propres. Les moules doivent être bien remplis et d'un poids uniforme pour qu'à la sortie de la presse, le bloc de fromage garde bien sa forme. Ce faisant, on évitera les défauts d'apparence, les pertes de fromage et les possibilités de développement de moisissures de surface. (Photo 20)

Avant la mise en moule, il faut que les mottes de caillé soient brisées, que le sel soit dissout et que la température du fromage se situe autour de 30 à 32°C.

m) Pressage et passage à la chambre à vide

Le pressage du caillé et son passage à la chambre à vide permettent de raffermir le fromage et d'éliminer des ouvertures.

Les techniques généralement utilisées sont les suivantes:

1. Le caillé est soumis environ une heure à une pression de 2,8 kg/cm^2 (40 lb/po^2). (Photos 21 et 22)
2. Ensuite, on peut transférer les meules dans une chambre à vide. (Voir photo 23) La technique consiste à faire le vide, ce qui requiert de 25 à 30 minutes. Ensuite, on maintient le vide durant environ 30 minutes. Finalement, on rompt le vide très lentement pour permettre au fromage de reprendre sa place dans le moule.
3. On replace les toiles dans les moules et on remet les meules sous presse durant une douzaine d'heures à 4,2 kg/cm^2 (60 lb/po^2).

n) Emballage et refroidissement

Le fromage, une fois sorti du moule et débarrassé de ses toiles, est mis sous emballage final. Certains fabricants et emballeurs utilisent un agent de conservation autorisé en surface du fromage ou sur l'emballage. D'autres font le vide dans l'emballage et le ferme hermétiquement aussitôt après.

Dans certains cas, on procède au refroidissement rapide du fromage avant de l'emballer. À cet effet, on dépose le fromage dans une chambre froide de 0°C à 1°C pendant les 48 heures qui suivent la sortie de la presse en laissant suffisamment d'espace entre les moules pour favoriser un bon échange de température.

o) Affinage

En général, l'arôme typique du fromage cheddar vieilli se développe plus rapidement à température élevée. Cependant, une température trop élevée favorise l'apparition de goûts indésirables et une mauvaise texture.

De nombreuses expériences faites en laboratoire révèlent que le fromage peut acquérir un bon arôme après un affinage de 12 à 24 mois s'il est conservé à 15°C pendant les 2 à 3 premières semaines et à 4°C par la suite.

Certaines expériences ont démontré que l'affinage à 15°C pendant 6 mois donne souvent un produit d'un arôme médiocre et d'une texture défectueuse.

p) Entreposage

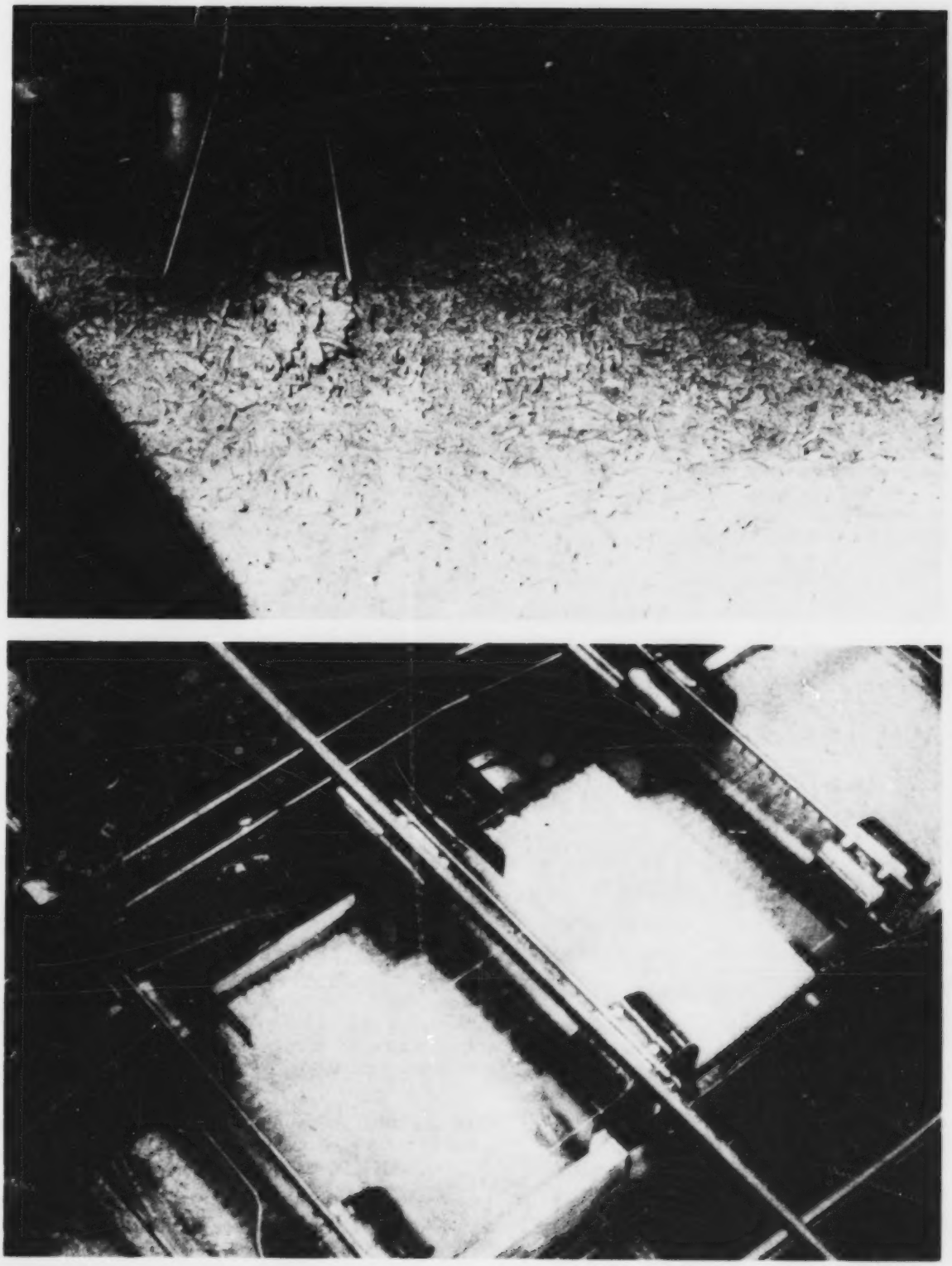
Dans le cas du fromage vendu à l'état frais, l'entreposage s'effectue dans une chambre bien isolée pour prévenir les écarts de température.

L'expérience du fabricant lui permettra de choisir la température la mieux adaptée pour assurer la meilleure conservation possible de son produit: entre 4,4°C et 6°C si le fromage doit être commercialisé avant 3 ou 4 mois, ou entre 2,2°C et 4,4°C si la période d'entreposage est plus longue.

q) La mécanisation de la fabrication du cheddar

L'industrie laitière en général, et fromagère en particulier, tout comme les autres secteurs industriels, subit vers la fin des années soixante et le début des années soixante-dix une énorme pression économique.

Photos 17 et 18 — **Passage au moulin**



Photos 19 — **Salage des grains de caillé**

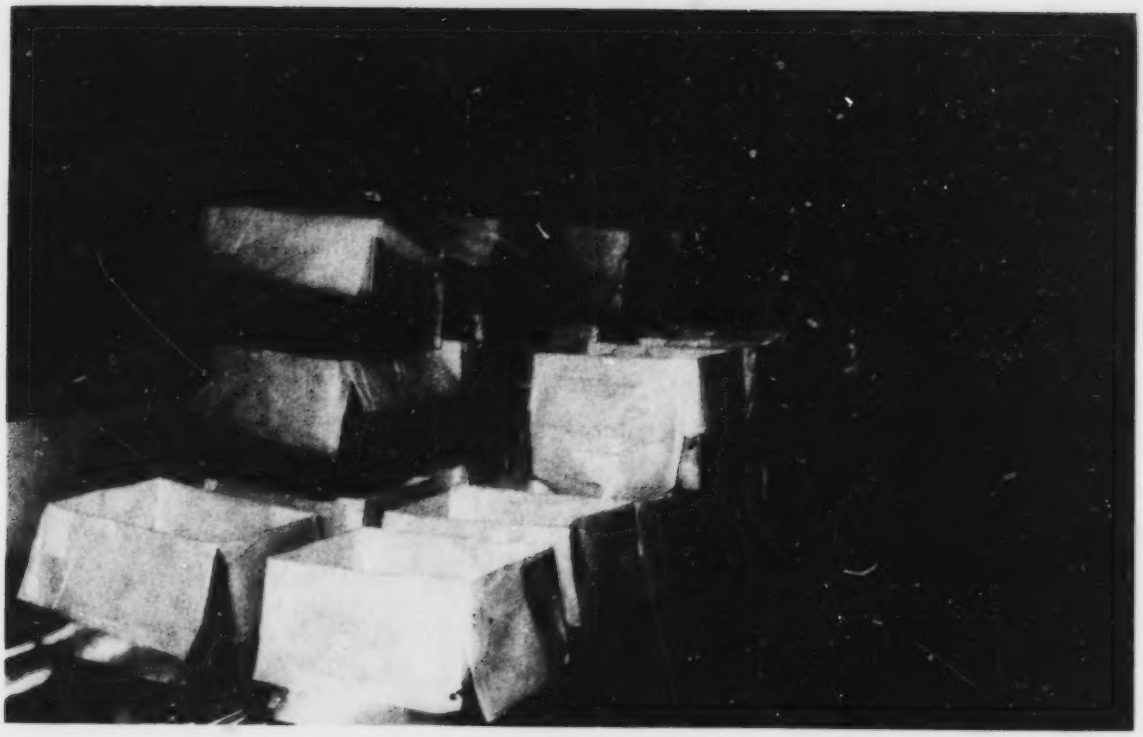


Photo 20 — **Préparation des moules**

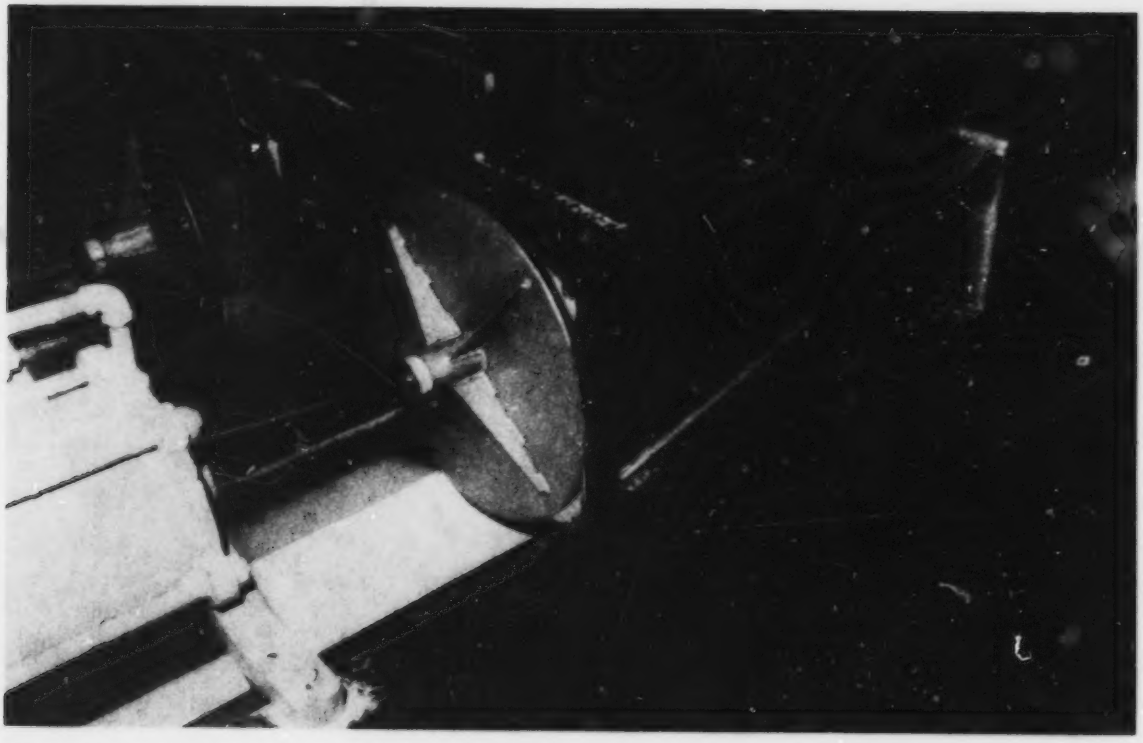


Photo 21 — **Pressage**

Photo 22 — **Pressage**

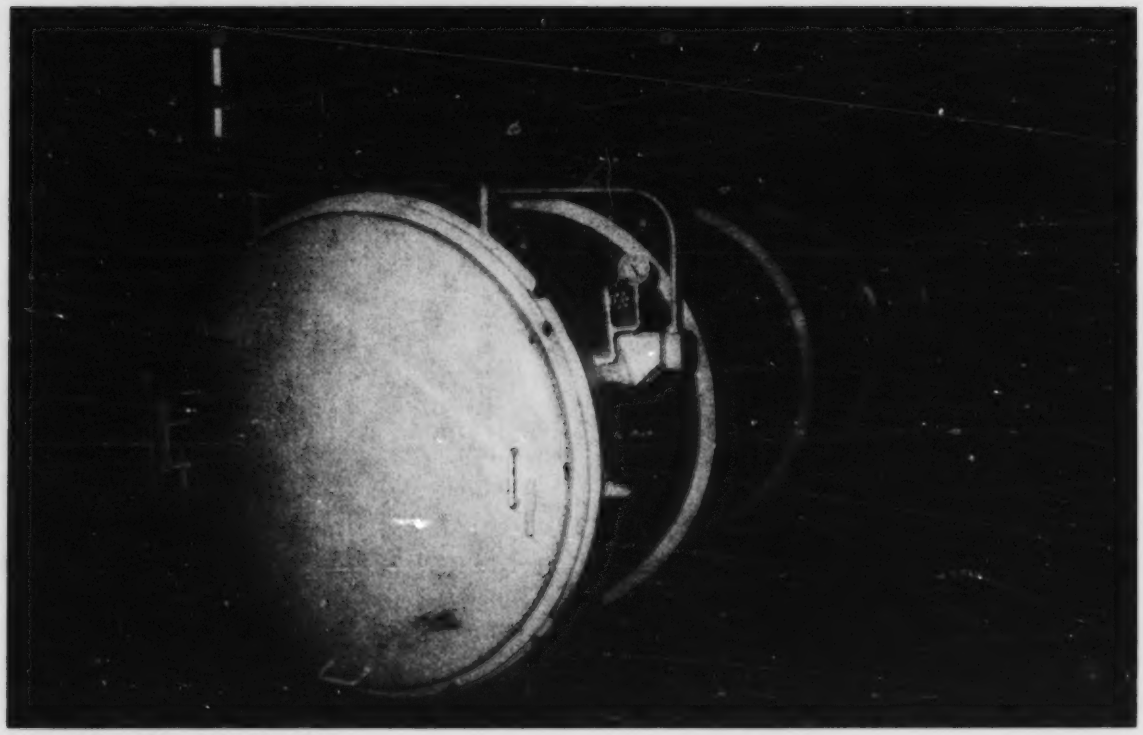


Photo 23 — **Chambre à vide**

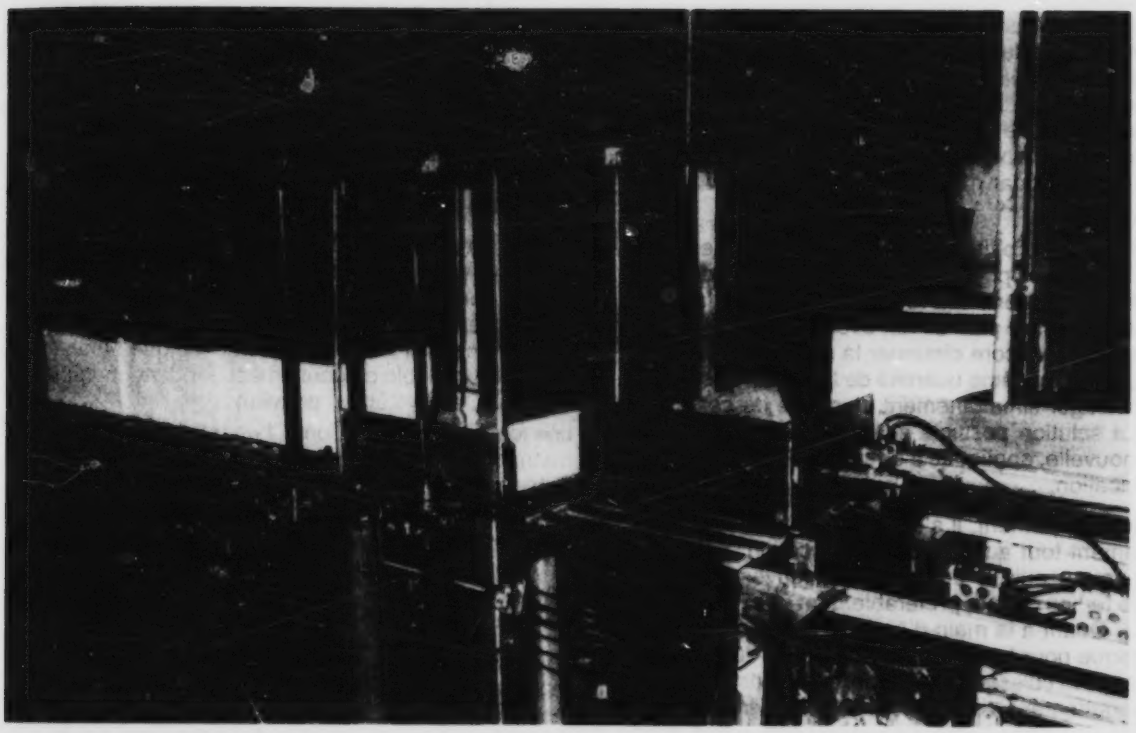


Photo 24 — **Coupage du fromage**

Photo 25 — **Emballage sous vide**

Les coûts de production fromagère augmentent sans cesse. Les facteurs de production sur lesquels l'entreprise doit travailler pour réduire ces coûts sont la main-d'oeuvre et la technologie. Le résultat se résume en une meilleure productivité, ce qui rend la firme productrice non seulement plus rentable mais surtout plus compétitive. La fabrication du cheddar n'échappe pas à cette révolution technologique.

Traditionnellement, plusieurs heures et personnes sont en effet nécessaires pour fabriquer une quantité donnée de cheddar. Il faut donc soit réduire le temps de fabrication, soit transformer plus de lait avec le même nombre de personnes ou encore diminuer la main-d'oeuvre tout en transformant la même quantité de lait. Il est aussi possible d'envisager simultanément plusieurs de ces alternatives. La solution possible est donc une technologie avancée nouvelle, appliquée à une ou à plusieurs étapes de la fabrication.

En terme d'équipement, il s'agit de maintenir le produit en mouvement tout au long de la fabrication, pour que cet équipement puisse être réutilisé souvent sur une période de temps donné, préférablement une journée de 20 heures. Quant à la main-d'oeuvre, il faut développer une technique pour la réduire tant à l'étape du coupage du caillé et de la cuisson (cuve de fermentation) qu'à celles de l'égouttement, de l'entassage, du revirement, du coupage et du salage (table d'égouttement). Il faut donc simuler le plus possible mécaniquement, au cours de la fabrication, les phénomènes biologiques ainsi que biochimiques et produire, à la fois, un cheddar de saveur et de texture équivalentes, en plus de rencontrer des normes de sanitation beaucoup plus strictes (coliformes totaux, coliformes fécaux, staphylocoques).

1) Cuve de fermentation

Le plus grand progrès à ce stade est la mise au point de bassins entièrement fermés avec coupage mécanisé et lavage par circulation. Cette innovation technologique permet de réduire la main-d'oeuvre nécessaire à l'étape du coupage du caillé et du lavage. Elle permet de plus de fabriquer et d'utiliser des cuves plus grandes et également d'obtenir un meilleur contrôle sanitaire à cette étape de la fabrication.

La forme de ces bassins ainsi que le mécanisme pour couper le caillé varient selon les fabricants d'équipements.

2) Table d'égouttement

C'est en effet l'entassage, le revirement et le coupage sur la table d'égouttement qui, traditionnellement, nécessitaient le plus grand besoin de main-d'oeuvre.

La plus grande révolution technologique est survenue à cette étape. Lors de la vidange de la cuve, on utilise maintenant un séparateur qui permet l'élimination immédiate de la plus grande partie du lactosérum; ce qui accélère le processus d'égouttement.

Puis, des convoyeurs en acier inoxydable, avec lattes perforées, à vitesse variable, reçoivent le mélange caillé lactosérum pour un égouttement régulier et constant, sous agitation. Le nombre de convoyeurs peut varier, selon l'importance de la firme et le contenu désiré en humidité du cheddar, avant l'étape suivante. Selon les différents fabricants d'équipement, l'inclinaison de ces convoyeurs varie. (Photo 26)

Cette dernière étape se compare à l'entassage qui précède le revirement traditionnel où se produit le développement d'une texture compacte, douce et fibreuse. Différents systèmes se développent pour éliminer la main-d'oeuvre nécessaire au revirement ainsi que l'utilisation inefficace d'une table d'égouttement pendant une période prolongée. Ces systèmes peuvent être:

1. une tour de cheddarisation «Cheddarmaster»; (Photo 27)
2. de très gros contenants rectangulaires en acier inoxydable pressurisables;
3. un convoyeur perforé en acier inoxydable à mouvement ralenti «de Laval»;
4. un cône renversé rotatif à spirale rétrécissante «Stoelting»;
5. un tambour perforé rotatif.

Chaque système respecte à sa façon le principe de la cheddarisation: c'est-à-dire développement de l'acidité du caillé sous pression plus ou moins grande pour un certain temps. Les systèmes 1 et 3 sont appelés continus alors que les autres fonctionnent pour des quantités données (lots) à intervalle régulier.

Le passage au moulin de cette masse de fromage est l'étape suivante avant le salage. Dans la plupart des cas, on assiste à un coupage automatique en gros morceaux qui tombent à intervalle régulier dans un moulin tambour.

À la sortie du moulin, le cheddar en languettes tombe sur un convoyeur en acier inoxydable perforé, incliné ou non, et est salé automatiquement; suit une agitation régulière.

3) Empaquetage

Le développement technologique ici est plutôt lent. En effet, seules les grosses entreprises, au début des années soixante se risquent à empaqueter le cheddar dans de gros contenants ronds et/ou rectangulaires de 200 à 300 kg. Les autres fabricants utilisaient le format cylindrique de 40 kg, jusque vers la fin des années soixante, et emploient maintenant le format rectangulaire de 18 kg.

Toutefois, se sont introduits récemment des systèmes par lesquels est considérablement réduite la main-d'oeuvre nécessaire à l'empaquetage des moules et au pressage. Un des systèmes consiste en une tourelle rectangulaire de dimension intérieure identique au format de 18 kg, à capacité fixe, fonctionnant sous vide, munie à sa sortie d'une guillotine qui coupe le morceau à la hauteur désirée.

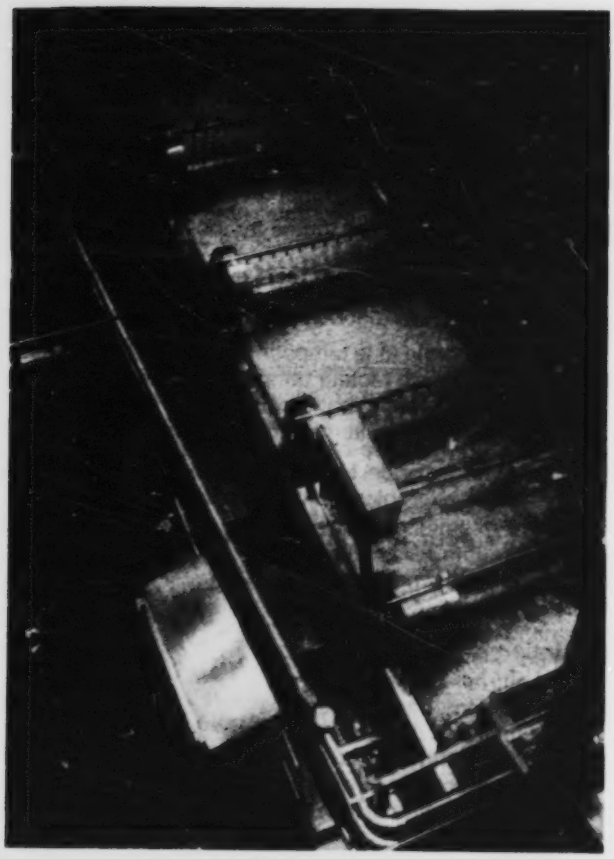


Photo 26 — **Égouttage mécanisé**

Photo 27 — **Base de la tour de cheddarisation en haut à droite de la photo**

Les produits destinés au détail, comme les emballages de 2 kg, 1 kg, 500 g, 250 g, etc., peuvent être emballés avec des techniques telles que la mise en sac scellé sous vide, la mise en boîte automatisée ou autres. À ceci s'ajoutent d'autres technologies d'emballage de pointe qui touchent autant l'équipement que le matériel d'emballage lui-même. En plus de ces dernières innovations, nous retrouvons sur le marché plusieurs autres types de fromages sous des présentations diverses.

4) Égouttement final du fromage salé

La technique de l'égouttement final, avant le refroidissement complet et rapide du fromage cheddar a également évolué au cours des années pour s'adapter à la fois au format et uniformiser la qualité, tout en accélérant le processus. On peut égoutter le cheddar salé, avant le scellage du contenant, à l'aide des systèmes suivants:

— Chariots inclinables suspendus à une voie ferrée.
— Tubes en acier inoxydable perforés qui pénètrent dans le fromage et sont reliés à un système à vide pour en soutirer le surplus de lactosérum («Probes»).
— Une combinaison des deux premiers.
— Pour les formats rectangulaires de 300 kg, on peut également utiliser des plaques perforées et dentelées placées en forme de croix.

  Deux plaques perforées sur le dessus et deux autres en-dessous, en forme de pointe, sont enfoncées un certain temps sous pression dans le format rectangulaire de 300 kg.
— Pour les formats rectangulaires de 18 kg, la tourelle nouvellement mise au point est perforée et fonctionne sous vide.

B- Fromages à pâte mi-ferme

a) Définition

D'après la classification acceptée au Canada, les fromages à pâtes mi-fermes sont ceux dont le pourcentage d'humidité rapporté à l'extrait dégraissé

$$\left[\frac{\%\ \text{humidité} \times 100}{100 - \%\ \text{matières grasses}}\right]$$

se situe entre 61 % et 68 %.

b) Caractéristiques

C'est une famille de fromages qui englobe de très nombreuses fabrications. Il est difficile d'en donner une classification satisfaisante vu le nombre des variantes qui peuvent donner des résultats différents.

À l'origine, ce sont des fromages de fabrication fermières ou artisanales. Beaucoup d'entre eux peuvent retracer leurs sources à un monastère du moyen âge.

On peut cependant dire que:

1. ces fromages se conservent plus ou moins longtemps mais facilement;
2. les ferments acidifiants utilisés sont des mésophiles;
3. le caillé est de type présure, ce qui permet des traitements mécaniques pour faciliter la synérèse;
4. pour combattre la déminéralisation de la pâte par l'acide lactique développée à partir du lactose, on pratique souvent un lavage (parfois appelé à tort délactosage) qui, en entraînant une partie du lactose, limite l'acidification tout en permettant l'obtention de la saveur voulue;
5. un pressage mécanique est requis pour agglomérer le fromage dans le moule;
6. l'affinage, en utilisant toutes les possibilités, permet une sousclassification:
   — Fromage à pâte mi-ferme à croûte lavée.
   — Fromage à pâte mi-ferme à croûte sèche.

La fermeté du grain et le tamponnage du caillé causé par le lavage font que le facteur temps est souvent négligeable en cours de fabrication; ce qui fait que ces fromages sont de fabrication facilement mécanisable.

Le gouda, fromage de Hollande par excellence, est un des meilleurs exemples de ce type de fabrication.

c) Norme pour le fromage gouda[1]

1. Dénomination du fromage
— Gouda

2. Matières premières
— Lait: lait de vache
— Additions nécessaires:
  • cultures de bactéries acidolactiques inoffensives (ferment)
  • présure ou autres enzymes coagulants autorisés
  • chlorure de sodium

3. Additions facultatives
— Chlorure de calcium, B.P.I.*
— Colorants alimentaires autorisés
— Cultures de bactéries propioniques (formatrices d'oeillards)
— Nitrates de sodium et de potassium (sous réserve du règlement sur les aliments et drogues)

4. Principales caractéristiques du fromage prêt pour la consommation
— Type: pâte ferme, affiné dans la masse
— Forme: dimensions, formes et poids variables
— Croûte: avec ou sans croûte
  • Consistance: ferme
  • Aspect extérieur: sec ou enrobé de paraffine, d'une pellicule de plastique ou d'huile végétale
  • Couleur: jaunâtre
— Pâte et texture:
  • Texture: ferme, facile à couper et à trancher
  • Couleur intérieure: paille
— Trous et ouvertures:
  • Répartition: peu à nombreux, uniformément répartis
— Arôme: doux, noisetté, devenant piquant selon l'âge

(1): D'après le codex alimentarius de la F.A.O./O.M.S.
B.P.I.: Quantité conforme aux bonnes pratiques indusrielles.

5. Norme de composition

		Gouda	Petit gouda
— Matières grasses:	min.	28%	26%
— Humidité:	max.	43%	45%

6. Méthode de fabrication

— Méthode de coagulation: présure ou autres enzymes coagulants autorisés
— Traitement thermique du coagulum: chauffé après le découpage
— Caillé: le caillé est chauffé avec ou sans addition d'eau chaude; légèrement pré-pressé avant la mise en moule
— Procédé de fermentation: fermentation lactique
— Procédé de maturation: la maturation s'effectue à une température variant entre 10°C et 20°C
— Commentaires:
- salé en saumure ou salé à sec dans le caillé
- le fromage gouda n'est normalement pas commercialisé avant 5 semaines de maturation
- le terme «petit gouda» est réservé au fromage de moins 1,5 kg et n'est normalement pas commercialisé avant 3 semaines de maturation

7. Marquage et étiquetage

Seul le fromage conforme à cette norme peut porter l'appellation «GOUDA ou PETIT GOUDA». Il doit être étiqueté en conformité avec les parties appropriées de l'article 4, Norme A.6 de la FAO/OMS, «Norme générale pour le fromage» telle que le Canada l'accepte.

d) Fabrication traditionnelle du gouda

1. Le lait

Les matières grasses sont standardisées à 3,2% — 3,3%. Cette fabrication n'est pas affectée par l'acidité, même élevée. Le lait utilisé est généralement entreposé en attente dans de grands réservoirs.

2. La cuve

La fabrication s'est mécanisée grâce à la «cuve hollandaise» (5 000 à 10 000 l). Celle-ci est à fond plat, bouts arrondis avec agitateur mécanique se déplaçant sur un portique. Une vanne, placée à une extrémité, permet l'évacuation rapide du sérum.

3. Les ferments

Les ferments utilisés sont du type mésophile lactique. On utilise, en général, une souche acidifiante et une aromatique (*Streptococcus lactis* ou *cremoris*). La dose utilisée est de 1% à 3% du volume du lait.

4. La couleur

La couleur est traditionnellement jaune clair. On utilise environ 100 ml de couleur à fromage extraite de Bixa orellana par 1 000 litres de lait.

5. Le moule

Le moule comprend deux parties. Il est assez profond, arrondi, son couvercle s'ajuste et est arrondi lui aussi à l'intérieur. Son dessus, plat, permet de lui appliquer une pression.

Les moules perforés sont d'un matériau plastique ou en acier inoxydable, d'une forme cylindrique de 11 à 12 cm de diamètre et dont la hauteur variera selon la technique de moulage utilisée.

6. Les étapes de fabrication

— L'emprésurage
— Le découpage du caillé
— Le ressuyage
— Le prépressage
— Le coupage
— Le moulage
— Le saumurage
— L'affinage
— L'emballage et la commercialisation

— L'emprésurage

Après une période de maturation (1 heure), l'emprésurage se fait à 30°C. La période de caillage est relativement longue; elle dure entre 30 et 40 minutes.

— Le découpage du caillé

Avant de procéder au découpage, on s'assure que le caillé est franc et ferme. On découpe en grains assez gros de la taille d'un grain de maïs et on brasse une trentaine de minutes avant de soutirer le sérum.

Dans un premier temps, on évacue le sérum jusqu'à affleurement du caillé à la surface, puis on ajoute l'eau de lavage. Il est bon que l'eau arrive par petits jets à la longueur du bassin. L'utilisation de tuyaux perforés est recommandée. La quantité d'eau ajoutée doit être approximativement celle du caillé en cuve. La température est importante. Si elle est trop basse, le lavage sera trop poussé et l'acidification ainsi que le ressuyage, difficile à obtenir. Si elle est trop haute, le grain risque de coiffer ou la texture du fromage d'être cassante.

Idéalement, la température finale du mélange doit s'établir autour de 30°C.

Si l'acidification est forte, il sera bon d'établir la température finale en-dessous de 30°C. Par contre, si elle est faible, une température supérieure est recommandée.

— Le ressuyage

Il est bon de brasser rapidement, au début, pour défaire les agglomérats de grains qui auraient pu se former, puis plus doucement, par la suite, pour aider les grains à sécher. Le brassage se poursuit jusqu'à ce que le grain donne l'impression de «grenaille», c'est-à-dire qu'il fouettera la main lorsqu'on le touche dans le sérum. L'essai du «gâteau» pressé dans la

paume de la main est également un bon indice. Ce «gâteau» doit casser nettement losqu'on le secoue.

— Le prépressage

Après l'arrêt du brassage, le grain accumulé au fond est ramassé le plus également possible en une masse régulière, entre des plaques rigides disposées aux deux extrémités du bassin. On dépose sur cette masse de caillé des plaques assez lourdes qui peuvent également être pressées très légèrement avec des vérins manuels. Le tout se fait sous la couche de sérum, pour éviter tout refroidissement et faciliter la répartition homogène du caillé. Quand les grains sont soudés (20 à 30 minutes généralement), on évacue le sérum et on enlève les plaques.

— Le coupage

Le gâteau de caillé obtenu doit être découpé à l'aide de couteaux, en blocs d'un poids et d'un volume réguliers, qui entreront facilement dans le moule.

— Le moulage

Chaque bloc est mis dans un moule tapissé d'une toile. Le couvercle est ajusté et le moule est porté sous la presse, pour un pressage léger et rapide. Le lactosérum s'échappe par des trous pratiqués dans les parois du moule.

L'égouttage dure environ une dizaine d'heures durant lesquelles on aura procédé aux retournements, pour que la surface des fromages soit bien lisse.

Un deuxième pressage peut être effectué à une pression supérieure. Ensuite, on procède au démoulage et il est important d'éviter les manipulations pour limiter les contaminations. Préférablement, la température doit être abaissée rapidement autour de 18 à 20°C.

Au démoulage, on taille le bourrelet et on enlève la toile, puis on le retourne dans un autre moule pour uniformiser la surface du dessus.

— Le saumurage

Le fromage est mis en saumure réfrigérée durant 24 à 36 heures. La partie qui émerge des meules est couverte de sel. Il est bon de retourner le fromage pour éviter toutes déformations et régulariser la croûte.

— L'affinage

L'affinage dure entre 1 et 3 mois et se fait à température constante entre 10 et 20°C et à humidité élevée de 90%.

De nos jours, l'affinage permet une protéolyse plus ou moins poussée lors de l'entreposage parce que le fromage est enduit d'une couche de cire ou d'un film plastique.

— L'emballage et la commercialisation

On procède alors à l'emballage pour la livraison à l'entrepôt du grossiste.

e) Mécanisation

La fabrication des fromages à pâtes mi-fermes est facilement mécanisable, par exemple: La cuve dite «hollandaise» permet de traiter des volumes de lait appréciables. Les moules en bois furent abandonnés pour des moules métalliques. Ces derniers furent éliminés en faveur de moules en plastique dense, à résilles de nylon, ce qui permet de supprimer les toiles d'égouttage et certaines manipulations.

Aux cuves hollandaises, puis aux cuves cylindriques, genre Steinecker, se sont ajoutées les cuves de prépressage. Le mélange sérum-caillé y est transvasé par gravité, le caillé pressé est coupé automatiquement pendant que la cuve de fabrication est remise immédiatement en service.

Par étapes, les presses ont aussi été transformées pour devenir des presses-tunnels. Le moule sous pression se déplace sur un convoyeur pendant un temps donné. Ce pressage terminé, le fromage tombe dans la saumure.

De nos jours, les dernières manutentions ont été automatisées par des convoyeurs à vitesse contrôlée. Des usines ainsi automatisées peuvent transformer des millions de litres de lait par jour.

Pour les goudas sans croûte l'affinage se fait sous film plastique. Ce type de gouda est souvent produit en gros blocs d'une tonne qui sont débités ensuite en portions individuelles.

C- Fromages à pâte ferme

a) Définition

Selon la classification des fromages en vigueur au Canada, un fromage à pâte ferme doit avoir un pourcentage d'humidité rapporté à l'extrait dégraissé

$$\left[\frac{\%\,H \times 100}{100 - \%\,M.G}\right]$$

compris entre 49% et 63%.

b) Caractéristiques

Ce sont des fromages de conservation longue. La fermeté est obtenue par une extraction poussée de sérum. Le caillé est à dominance présure. L'égouttage est obtenu par des moyens mécaniques et physiques (coupage et brassage prolongé, chauffage et pression).

L'affinage se fait par les enzymes de la présure utilisée et par ceux des bactéries retenues dans le caillé. Ce processus sera lent car l'humidité relativement basse ne favorise pas la diffusion enzymatique ni la protéolyse. Exemple: l'emmental.

c) Emmental ou emmenthal (1)

1. Dénomination du fromage

— Emmental

2. Matières premières

— Lait: lait de vache (cru, thermisé ou pasteurisé)
— Additions nécessaires
- Cultures de bactéries acidolactiques inoffensives (ferment) (ex., *S. lactis, S. thermophilus, L. bulgaricus, L. helveticus*)
- Présure ou autres enzymes coagulants autorisés
- Chlorure de calcium
- Cultures de bactéries propioniques (formatrices d'oeillards)

3. Additions facultatives

— Chlorure de calcium, BPI
— Colorants alimentaires autorisés

4. Principales caractéristiques du fromage prêt pour la consommation

— Type: pâte ferme, affiné dans la masse			
— Forme:	cylindrique	bloc	bloc sans croûte
Hauteur:	12 à 30 cm	12 à 30 cm	12 à 30 cm
Diamètre:	70 à 100 cm	—	—
Poids:	min. 50 kg	min. 18 kg	min. 18 kg
— Croute			
• Consistance:	dure	dure	dure
• Aspect extérieur:	sec	sec	comme l'intérieur
• Couleur:	jaune or à brun	jaune or à brun	ivoire à jaune pâle

— Pâte et texture:
- Texture: ferme, facile à couper ou à trancher
- Couleur intérieure: ivoire à jaune pâle

— Trous et ouvertures:
- Répartition: yeux de forme ronde, nombreux, uniformément répartis dont le diamètre varie de 1 à 3 cm, d'aspect allant de mat à luisant

— Arôme: doux, légèrement noisetté et sucré

5. Normes de composition

— Matières grasses: minimum 27%
— Humidité: maximum 40%

6. Méthode de fabrication

— Méthode de coagulation: présure ou autres enzymes coagulants autorisés.
— Traitement thermique du coagulum: après le découpage en particules de la grosseur d'un grain de riz ou de blé, le caillé est chauffé à au moins 50°C.
— Caillé:
— Procédé de fermentation: fermentation lactique et propionique dans la masse du fromage à une température minimale de 20°C durant au moins 4 semaines.
— Procédé de maturation: protéolyse sous l'action des enzymes microbiens, le fromage étant soumis à une succession de régimes de températures comprises entre 10 et 25°C — La surface du fromage est lavée, nettoyée et salée à intervalle, sauf pour le bloc sans croûte.
— Commentaires: le fromage est salé à sec ou en saumure — Le fromage n'est pas commercialisé avant 60 jours.

7. Marquage et étiquetage

Seul le fromage conforme à cette norme peut porter l'appellation «EMMENTAL». Le fromage doit être étiqueté en conformité avec les parties appropriées de l'Article 4 de la Norme A.6 FAO/OMS «Norme générale pour les fromages», telles que le Canada l'accepte.

d) Caractéristiques

Le fromage emmental se distingue par ses grandes dimensions des autres fromages de sa famille parfois désignés sous le vocable «suisse» tels que gruyère, comté, etc. L'emmental est typique par sa taille d'au moins 50 kg et la présence d'yeux. L'emmental est le fruit d'une double fermentation. La première étant acidifiante se manifeste lors de la coagulation. L'autre intervient grâce aux ferments thermophiles propioniques qui résultent d'une sélection obtenue lors de la cuisson du caillé. Les ouvertures proviennent d'une fermentation poussée du *Propionibacterium shermanii* lors de l'affinage en cave chaude.

e) Fabrication traditionnelle de l'emmental

1- Le lait

Le lait est généralement thermisé et standardisé autour de 3% de matières grasses.

2- La cuve

Normalement la fabrication est réalisée dans des cuves hémisphériques d'une capacité de 800 à 1 200 litres.

3- Le ferment

Le ferment est mixte et se compose d'un mélange de *Streptococcus thermophilus, Lactobacillus helveticus* et *Propionibacterium shermanii*.

(1) D'après le codex alimentarius de la F.A.O./O.M.S.

4- La présure

On utilise généralement de la présure pure extraite de la caillette de veaux.

La température d'emprésurage se situe autour de 30 à 35°C. La coagulation prend entre 20 à 30 minutes.

5- Le décaillage

Le caillé est fractionné à l'aide d'un tranche-caillé en particules de la taille d'un grain de riz. Ensuite on maintient l'agitation tout au long de la cuisson.

6- La cuisson

Le chauffage se fait très progressivement pour éviter le coiffage des grains (formation d'une couche superficielle imperméable qui causerait une mauvaise synérèse). Après 25 à 30 minutes on atteint 45°C et le rythme de la cuisson peut être accéléré. La température finale se situe entre 50°C et 57°C, ce qui permet une sélection thermique poussée des ferments qui assureront l'acidification sous presse.

On fixe la fin du brassage après la cuisson lorsque le pH du lactosérum est autour de 6,3 à 6,4 et que les grains de caillés sont fermes et qu'ils se séparent facilement par une friction entre les mains.

7- Le pressage

La masse du caillé est transférée dans une toile qui permet la séparation du petit-lait du caillé. Cette poche contenant le caillé est placée sous presse durant 12 à 18 heures sous une pression progressive pouvant atteindre 1 kg/cm^2.

On effectue des retournements, assez rapides au début puis plus espacés par la suite, au cours desquels on bascule le fromage sur lui-même. On change les toiles qui l'enveloppent pour assurer un égouttage régulier de la masse.

L'acidification est intense, puisque on atteint 100°D après 4 à 5 heures de fermentation. Après 24 heures, il n'y aura plus de lactose; *S. thermophilus* et *L. helveticus*, l'auront entièrement transformé en acide lactique et lactates, avec cependant une déminéralisation négligeable car l'égouttage est minime.

8- Le salage

Le fromage est immergé dans une saumure saturée pour 2 à 3 jours. Le salage contribue principalement à la formation d'une solide croûte et au refroidissement de la masse du fromage.

9- La cave froide et la cave chaude

Un séjour de 10 jours à 3 semaines à 10°C permet au caillé de se lier grâce à un début de protéolyse.

Lors de l'entreposage de ce fromage en cave chaude (20 à 22°C pendant deux mois), les bactéries propioniques sont responsables de la formation et du dégagement de CO_2. Ce dernier provoque le gonflement de la masse et permet ainsi la formation d'ouvertures typiques à ce fromage.

Les bactéries propioniques sont également responsables du goût typique, noisetté, légèrement sucré en produisant de l'acide propionique ainsi que de l'acide acétique à partir des lactates.

10- L'affinage

La croûte est maintenue propre par frottage avec du sel et des retournements réguliers aux 2 jours. La «croûte» qui s'y développe est constituée de levures, bactéries protéolytiques, etc.; elle aide à étouffer les moisissures dont on se débarrasse par frottages. Une odeur caractéristique, ammoniaquée, révèle le travail enzymatique de surface qui contribue au goût du fromage.

11- La conservation

Lorsque l'ouverture des yeux est jugée suffisante, le fromage est transféré en cave de conservation à 8 ou 10°C, pour bloquer la fermentation propionique et permettre au goût caractéristique du fromage de se renforcer par des échanges protéolytiques.

Le produit peut être coupé et empaqueté sous divers types d'emballage qui lui confèrent une meilleure conservation avant son expédition aux différents marchés de consommation.

Même si le produit peut être mis en marché après 2 mois, on peut l'entreposer jusqu'à un(1) an. Plus la durée de conservation est longue, plus le fromage est piquant.

f) Principes de mécanisation

Après la guerre, une demande grandissante ainsi que des connaissances techniques nouvelles permirent d'implanter des usines traitant de grands volumes de lait.

Parallèlement, la main-d'oeuvre se mit à bouder un travail exigeant beaucoup de temps et d'efforts physiques.

Ces deux conditions conduisirent à une mécanisation poussée de cette fabrication.

En premier lieu, il y a eu des cuves permettant la fabrication de plusieurs fromages (Käsefertiger), ensuite, le moulage dans plusieurs moules en acier inoxydable. (Procédé Guérin). (Voir photo 28)

Ceci comprend la thermisation du lait mis en oeuvre et l'utilisation de ferments thermophiles sélectionnés, voire même des souches propioniques.

Ensuite les cuves de pressage sous vide (Procédé MKT) permirent l'extraction du sérum et l'obtention par coupage du gâteau de caillé, en blocs compacts qui, enveloppés dans le cryovac donnèrent du fromage sans croûte après affinage.

Le procédé Chalon Mégard, plus souple, plus proche du traditionnel est également employé à l'heure actuelle autant dans les petites fruitières, comme dans les Alpes, que dans des usines géantes, comme en France et au Québec. Certaines usines fabriquent jusqu'à 600 meules par jour.

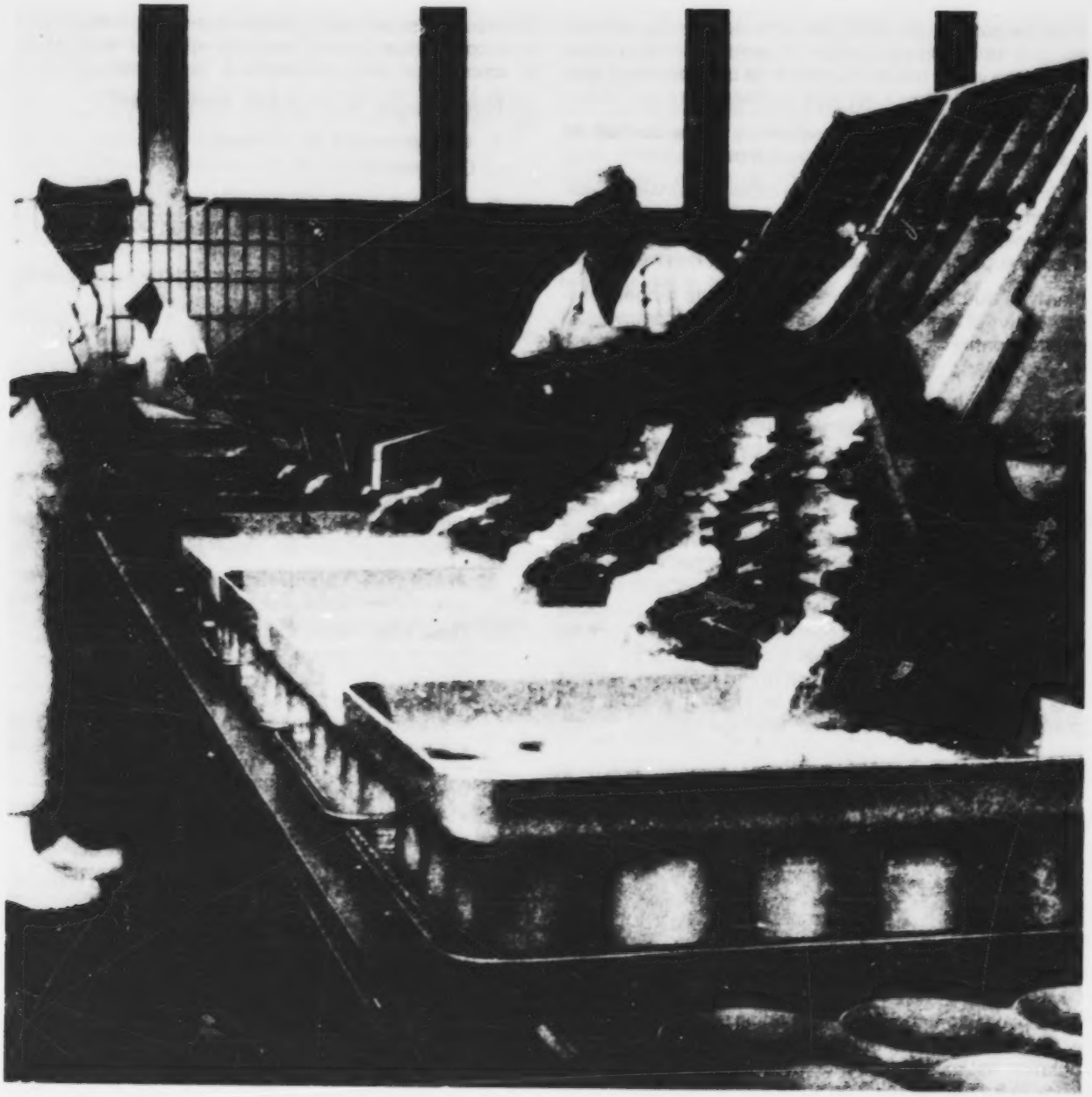


Photo 28 — **Moulage multiple**

Dans ce dernier procédé, une cuve de grande capacité (jusqu'à 16 000 litres) permet de cailler puis de cuire le grain. Une valve, placée au fond de la cuve permet d'évacuer le grain lorsqu'il est jugé suffisamment égoutté.

La cuve est reliée par une tuyauterie à des cloches de moulage, où un vide partiel est maintenu.

Sous les cloches de moulage, les moules pourvus de «toiles» en acier inoxydable perforé, recueillent le caillé aspiré par le vacuum, et distribué également entre les cloches. (1 cloche par 1 000 litres de lait mis en oeuvre).

L'arrivée du mélange sérum-caillé est faite tangentiellement, ce qui reproduit les phénomènes de compactage du traditionnel «tour», donné dans les cuves hémisphériques d'antan.

Après le soutirage du sérum par gravité, les moules sont transférés sous des presses pneumatiques.

Les ferments sélectionnés donnent une acidification en 5½ à 6 heures, ce qui permet de libérer rapidement l'équipement pour réutilisation.

La fabrication d'emmental avec des ferments concentrés inoculés directement dans le bassin permet une qualité régulière et un taux très élevé de succès. Cette technique quoique coûteuse est très valable, surtout pour une fabrique exploitée dans un contexte tellement différent de celui des zones traditionnelles d'où origine ce fromage, c'est-à-dire du lait de plaine, de grand mélange, refroidi à la ferme, ramassé à 8 traites en hiver et souvent produit par des vaches nourries à l'ensilage pendant l'hiver.

D- Fromages à pâte molle

a) Définition

Selon la classification canadienne des fromages, ce groupe correspond à un pourcentage d'humidité rapporté à l'extrait dégraissé

$$\left[\frac{\%\ \text{HUM} \times 100}{100 - \%\ \text{M.G.}}\right]$$

supérieur à 66%.

b) Caractéristiques

Ce sont des fromages de conservation relativement courte et difficile car leur teneur en humidité est élevée. La coagulation est mixte mais à dominance acide ce qui rend le caillé fragile. Le caillé ne subit aucun traitment thermique. L'affinage est assuré par la fermentation lactique de même que par l'activité du pénicillium qui se développe en surface et qui favorise la protéolyse progressive de l'extérieur vers l'intérieur.

Nous avons retenu la variété camembert pour illustrer ce groupe de fromage. On peut noter ici que la fabrication schématisée décrite dans ce chapitre se rapproche davantage de la méthode traditionnelle.

D'après le manuel des fromages fins du Canada, inspiré de la commission internationale du «Codex alimentarius» le camembert doit répondre à la norme suivante:

c) Norme pour le fromage camembert[1]

1. Dénomination du fromage

— Camembert

2. Matières premières

— Lait: lait de vache (pasteurisé)
— Additions nécessaires:
  • cultures de bactéries acidolactiques inoffensives (ferment) —
  • penicillium caractéristique de la variété. *P. caseiculum, P. candidum, P. camemberti*
  • présure ou autres enzymes coagulants autorisés
  • chlorure de sodium

3. Additions facultatives

— Chlorure de calcium, BPI
— *Bacterium linens*
— Colorants alimentaires autorisés
— Nitrate de sodium et de potassium (sous réserve du règlement sur les aliments et drogues)

4. Principales caractéristiques du fromage prêt pour la consommation

— Type: pâte molle, affiné en surface
— Forme: cylindrique
— Croûte:
  • Consistance: molle, élastique
  • Aspect extérieur: texture molle ne s'effritant pas
  • Couleurs: moisissure blanche, quelquefois tachetée de rouge ou orange
— Pâte et texture:
  • Texture: pâte molle, crémeuse
  • Couleur intérieure: blanche à jaune crème
— Trous et ouvertures:
  • Répartition: pas de trous ou très peu d'ouvertures
— Arôme: léger arôme de champignon devenant plus prononcé en s'affinant et acquérant un léger arôme ammoniacal selon l'âge

5. Normes de composition

— Matières grasses: minimum 22%
— Humidité: maximum 56%

6. Méthode de fabrication

— Méthode de coagulation: acide lactique et présure ou autres enzymes coagulants autorisés
— Traitement thermique du coagulum: aucun
— Caillé: peut être lavé ou non
— Procédé de fermentation: fermentation lactique, développement de moisissure (penicillium) en surface, la protéolyse progressive vers l'intérieur de la pâte

(1) D'après le codex alimentarius de la F.A.O./O.M.S.

— Procédé de maturation: minimum de 10 jours en hâloir à une température située entre 10 et 14°C, peut séjourner éventuellement en cave froide
— Commentaires: le penicillium peut être ajouté directement au lait ou appliqué à la surface du fromage
  • égouttage naturel
  • salage à sec ou en saumure

7. Marquage et étiquetage

Seul le fromage conforme à cette norme peut porter l'appellation «CAMEMBERT».

d) Fabrication traditionnelle du camembert

Cette variété de fromage est fabriquée de lait de vache entier ou standardisé à 3,5% de matières grasses. On le fabrique généralement en petits bassins ou cuves permettant de remplir un nombre prédéterminé de moules lors de l'égouttage.

Dans plusieurs usines le lait est thermisé depuis la veille.

— Étapes de fabrication

Voici les principales étapes de fabrication du camembert:
— Clarification du lait
— Standardisation du lait
— Prématuration du lait (dans plusieurs usines)
— Pasteurisation du lait, 72°C/16 secondes
— Refroidissement à la température d'ensemencement: de 33°C à 34°C.
— Ensemencement avec le ferment lactique 2%
— Emprésurage de 18°D à 20°D.
— Coupage
— Moulage
— Égouttage, 1h minimum; 1er retournement
— Égouttage, 2h; 2e retournement dans les moules
— L'égouttage total dure entre 10 et 16 h en fonction du développement de l'accidité
— Démoulage
— Ensemencement avec du penicillium
— Salage a) En saumure de 18% à 20% de sel, à une température de 14°C à 16°C. Temps de salage en saumure variable selon la taille des fromages, b) ou à sec par pulvérisation.
— Ressuyage en hâloir de 13°C a 15°C à 85% d'humidité pendant 24 heures.
— Affinage en hâloir et retournements, de 12°C à 14°C, à 95% d'humidité.
— Séchoir à 80% d'humidité de 10 à 16 heures.
— Emballage et commercialisation.

Les moules perforés sont en plastique ou en acier inoxydable, d'une forme cylindrique, de 11 à 12 cm de diamètre et dont la hauteur varie selon la technique de moulage utilisée.

On peut procéder à la mise en moule soit à la louche ou en basculant délicatement les cuves dans un entonnoir muni de plusieurs ouvertures qui distribue le caillé dans un nombre prédéterminé de moules.

L'égouttage dure de 10 a 16 heures durant lesquelles on aura procédé aux retournements, pour que la surface des fromages soit bien lisse.

Ensuite, on procède au démoulage. Il est important d'éviter les manipulations inutiles pour limiter les contaminations. Préférablement, la température doit être abaissée rapidement autour de 18 à 20°C en fin d'égouttage.

Les fromages sont alors salés en saumure. Puis, ils sont ressuyés et pulvérisés d'une solution de pénicillium sélectionné. Si les fromages sont salés à sec, on pulvérise à la fois le sel et le pénicillium.

La température d'affinage se situe autour de 12°C à 14°C et l'humidité relative à 95%.

Après 5 ou 6 jours, le pénicillium apparaît à la surface supérieure et sur le contour; il faut alors procéder au retournement de façon à favoriser le développement du pénicillium sur l'autre face.

En général, une douzaine de jours après le début de l'affinage, on procède à l'asséchage dans une salle où l'humidité est plus basse, soit environ 75% à 80%, durant 10 à 16 heures.

Enfin on procède alors à l'emballage en respectant le point de rosée, puis à la distribution des produits.

Si la livraison est effectuée directement au magasin de détail, on peut conserver les fromages une dizaine de jours supplémentaires, de 10°C à 13°C, à basse humidité, en les retournant fréquemment (aux deux jours) avant de les emballer.

Si on doit conserver les fromages durant plusieurs semaines, il est essentiel d'abaisser la température à 1°C aussitôt après l'emballage. Un complément d'affinage est réalisé durant quelques jours, immédiatement avant livraison.

CHAPITRE VIII:
DÉFAUTS DES FROMAGES

La fromagerie est une industrie de fermentation. La venue de la pasteurisation en industrie laitière oblige le fromager à utiliser des souches sélectionnées pour la fabrication de produits laitiers fermentés.

Les procédés de fabrication et conditionnement ont pour but de favoriser certaines fermentations permettant ainsi de s'opposer à des pollutions accidentelles et de contrôler les flores indigènes.

On peut donc prévoir que tous facteurs agissant sur la croissance et l'activité métabolique des ferments sélectionnés auront un effet sur le produit fini.

Les accidents de fabrication peuvent être séparés en deux catégories, comme le résument les tableaux 6 et 7.

Tableau 6
Accidents associés à l'environnement

Causes	Effets
— Une ambiance propice à la propagation de flores indésirables.	— Provoque des accidents d'origine fongique.
— Un mauvais assainissement du matériel.	— Provoque la croissance de flores indésirables.
— Une faible qualité du lait.	— Affecte la saveur, la texture et la conversation du produit.
— Une mauvaise qualité de l'eau de lavage du caillé (délactosage).	— Provoque la croissance de flores indésirables.

Tableau 7
Accidents associés à la technique de fabrication

Causes	Effets
— Une mauvaise acidification.	— Affecte la texture, la saveur et la conservation du produit.
— Un mauvais égouttage.	— Affecte la texture, la saveur et la conservation du produit.

Les moyens de lutte contre les différents accidents associés à l'environnement ne seront pas discutés suite à la diversité des situations que l'on peut rencontrer en industrie laitière. On peut toutefois insister sur un meilleur contrôle de l'aération et de l'atmosphère d'une usine et des autres conditions pouvant réduire les flores de «l'air ambiant».

Par ailleurs, un contrôle rigoureux des techniques de lavage et d'assainissement ainsi qu'une surveillance des sources de contamination réduiront l'incidence de ces défauts. La qualité des matières premières devra toujours être assurée.

Dans un premier temps, nous verrons qu'un meilleur contrôle de l'acidification lors de la fabrication du fromage peut éviter une foule de défauts dans le produit fini; puis, nous verrons les défauts qui peuvent découler des techniques de fabrication des principaux types de fromages.

Acidification

Le contrôle de l'acidification est primordial en technologie fromagère. Dans certains cas, elle doit être relativement lente afin de permettre à l'égouttage mécanique de s'effectuer, par exemple, dans les fromages à pâte pressée. D'autres fromages, tel le cottage, demandent, par contre, un taux d'acidification rapide. Un résumé des facteurs influant sur l'acidification apparaît au tableau 8.

Il ne faut pas sous-estimer l'importance de la préparation et de l'utilisation du ferment en fromagerie. Soulignons toutefois que parmi tous les facteurs mentionnés au tableau 8, une suracidification et une mauvaise qualité du lait constituent probablement ceux qui sont le plus souvent impliqués lors des cas où le ferment se comporte mal.

Tableau 8
Facteurs influant sur le taux d'acidification du ferment

Problème	Point critique	Cause
Acidification lente	Incubation du ferment.	1) Trop courte: manque de cellules. 2) Trop longue: ferment suracidifié. 3) À plus de 20°C: ferment suracidifié. 4) À moins de 20°C: manque de cellules.
	Milieu de propagation du ferment.	1) % de solides trop bas: pouvoir tampon réduit, donc suracidifié et manque de cellules. 2) Température de «stérilisation» étant inadéquate, il peut rester des contaminants du ferment. 3) Type de poudre de lait (poudre fabriquée à partir de lait préchauffé à basse, moyenne ou haute température).
	Refroidissement et conservation du ferment.	Température de conservation du ferment trop élevée.
	Agitation du ferment.	Agitation insuffisante conduisant à la séparation (ferment égoutté). Les premiers bassins seront plus actifs.
Acidification rapide	Prématuration du lait.	Trop poussée.
	% d'inoculation.	Trop fort.
	Proportion relative des souches de la culture.	Mauvaise température de préparation du lait ou d'incubation.
Acidification «bloquée»	Ferment.	Grandement suracidifié. Égoutté. Addition dans un lait trop chaud dans le bassin.
	Bactériophages.	Culture pure ou désiquilibrée. Mauvaise rotation. Lavage du bassin insuffisant.
	Lait.	Antibiotiques. Agents d'assainissement.

Chaque fromage présente des caractéristiques qui lui sont propres. Il en est de même pour les défauts. Ainsi, plutôt que de rassembler tous les défauts en fonction des causes, nous préférons discuter de cet important aspect en fonction des fromages spécifiques.

A- Fromage cheddar

M. Bélanger, dans «Nos fromages, cheddar et autres», a publié un texte élaboré sur le cheddar, et voici un résumé des défauts et des correctifs qu'il suggère.

Tableau 9
Fromage cheddar: défauts et correctifs

Défauts	Causes	Correctifs
Saveur étrangère	1) Mauvais lait. 2) Malpropreté à l'usine. 3) Mauvais ferment. 4) Manque de vigueur du ferment.	1) Contrôle de la qualité du lait. 2) Nettoyage à l'usine. 3) Changer le ferment et voir à le tenir pur. 4) Hygiène à l'usine.
Saveur fruitée	1) Mauvais lait. 2) Manque d'acidité. 3) Ferment contaminé. 4) Malpropreté à l'usine.	1) Comme pour la saveur étrangère.
Saveur amère	1) Mauvais lait. 2) Excès d'acidité. 3) Excès d'humidité. 4) Mauvais ferment.	1) Contrôle de la qualité du lait. 2) Contrôler l'acidification lors de la cuisson ou autrement. 3) Raffermir davantage. 4) Changer le ferment.
Saveur rance	1) Mauvais lait (surtout psychrotrophes). 2) Barattage du lait (pompes ou autres). 3) Enzymes dommageables (surtout des psychrotrophes). 4) Brassage excessif.	1) Contrôle de la qualité du lait. 2) Diminuer les actions mécaniques sur le lait (brassage, pompage, etc.).
Texture molle ou pâteuse	1) Marche trop rapide pour l'acidité. 2) Manque d'acidité. 3) Mauvais ferment. 4) Excès d'humidité. 5) Manque de cuisson ou cuisson trop rapide avec ramollissement en blocs. 6) Manque de fermeté au soutirage. 7) Manque de cheddarisation. 8) Manque de sel.	1) Maintenir ses ferments actifs. 2) Contrôler l'acidité. 3) Cuire lentement au début. 4) Obtenir pour le soutirage la fermeté et l'acidité qu'il faut. 5) Mieux saler (en 2 fois).

Tableau 9 (suite)
Fromage cheddar: défauts et correctifs

Défauts	Causes	Correctifs
Texture granuleuse, farineuse ou acide	1) Lait trop acide. 2) Trop de ferment. 3) Mauvaise cuisson. 4) Soutirage trop acide pour la fermeté du caillé. 5) Excès de brassage à sec. 6) Mauvais blocs. 7) Manque de sel.	1) Contrôle de la qualité du lait. 2) Éviter pré-maturation trop grande. 3) Ménager le ferment. 4) Diminuer l'acidité et augmenter l'égouttage durant la fabrication. 5) Ne pas brasser à sec. 6) Meilleur salage.
Texture raide	1) Manque de gras, mauvaise standardisation. 2) Cuisson trop haute. 3) Au soutirage: caillé trop ferme avec un manque d'acidité. 4) Trop de sel.	1) Ajuster la standardisation. 2) Ne pas cuire trop haut. 3) Obtenir bon équilibre d'acidité et de fermeté.
Compacité ouverte	1) Mauvais ferment. 2) Manque d'acidité. 3) Manque de cheddarisation, bouts de blocs non cheddarisés. 4) Manque d'acide au salage. 5) Manque de pressage.	1) Changer le ferment (éviter des souches productrices de CO_2). 2) Bon équilibre entre l'acidité et la fermeté. 3) Cheddariser plus longtemps. 4) Attendre la bonne acidité et briser les mottes de grains avant de saler. 5) Bien presser.
Gaz	1) Mauvais ferment, mauvaise préparation du ferment (équilibre des flores déplacé). 2) Contamination: levures ou coliformes. 3) Manque d'acidité. 4) Manque de sel.	1) Meilleures sélection et préparation de ferment. 2) Surveiller lavage et assainissement. 3) Bonne acidification.
Couleur pâle	1) Trop d'acidité. Trop de brassage à sec lors du soutirage.	1) Plus de fermeté.
Couleur inégale	1) Trop d'acidité. 2) Mauvaise rotation des blocs lors de la cheddarisation.	1) Plus de fermeté. 2) Bien replier les blocs. Éviter que des grains se détachent de la masse de caillé lors de la cheddarisation. 3) Éviter des mélanges de caillés de deux bassins.
Couleur marbrée	1) Excès d'acide (sérum blanchâtre). 2) Mauvais égouttement au salage. 3) Manque d'acidité: caillé graisseux. 4) Mauvais salage (moulage, sel non dissous). 5) Mélange de caillé de deux bassins.	1) Équilibre acide-fermeté. 2) Surveiller le salage. 3) Pas de mélanges.

B- Fromages brie et camembert

Les défauts qui affectent le plus souvent ces types de fromages sont les suivants:

a) Contamination par les microorganismes

Divers types de microorganismes peuvent contaminer ces fromages et il importe de déterminer le foyer initial de contamination. Les points suivants doivent être examinés:

a) matériel (moules, claies, bassin, etc.);
b) lait (coliformes, etc.);
c) eau de rinçage;
d) locaux (murs, ventilation, planchers, drains);
e) saumure: elle ne permet pas la croissance des microorganismes, mais plusieurs peuvent y survivre. Le tableau 10 montre justement ce phénomène.

c) Développement de Mucor et Rhizopus

Il se développe alors à la surface du fromage des moisissures blanches ou grisâtres ressemblant à des touffes, d'où son nom, poil de chat. Ces moisissures forment des sporanges noirs. Cette contamination provient de substances organiques en décomposition et peut être véhiculée soit par l'air, le lait, l'eau, les vêtements des employés ou le matériel d'emballage du produit.

Le défaut de *Mucor* des pâtes molles constitue avant tout un problème de contamination. Ainsi, pour lutter contre le *Mucor*, la condition nécessaire et suffisante est d'éviter toutes les sources de contamination. Dans le cas où certaines contaminations mineures persistent, des précautions complémentaires seront également nécessaires et c'est alors seulement que l'utilisation des souches de

Tableau 10
Résistance à la saumure de micro-organismes
Température: 20°c Acidité: 15°D pH: 4,9 Densité: 1,180 Chlorures: 26%

	P. candidum au ml	*P. glaucum* au ml	*Mucor* au ml	*Oidium (G. cand.)* au ml	Levures au ml	Ferments du rouge au ml	Fermants lactiques au ml	Coliformes au ml	Indologènes au ml	*Sulfhydrogènes* au ml
Jour 1	230.000	10.000	7.000	108.000	270.000	57.000.000	11.000.000	10.000-100.000	1.000-10.000	100.000
Jour 2	270.000	13.000	4.000	620	500	54.000.000	1.100.000	1.000-10.000	1.000-10.000	100.000
Jour 3	217.000	9.000	3.000	350	11	18.000.000	1.100.000	10	10	1.000-10.000
Jour 4	164.000	8.000	3.000	150	Néant	6.000.000	700.000	—	—	1.000-10.000
Jour 5	74.000	8.000	2.000	70	Néant	3.500.000	700.000	—	—	1.000
Jour 8	72.000	9.000	2.000	16	Néant	800.000	110.000	—	—	1.000

b) Défaut d'égouttage

«Se traduit par un fromage trop riche en humidité. Le tour s'écrase. L'excès d'humidité ne peut être absorbé par les moisissures, la maturation est rapide et le fromage s'étale. Si au cours de la maturation on dessèche rapidement le fromage, le rapport eau/acide lactique est désiquilibré. Le *Penicillium* ne peut absorber tout l'acide lactique, seul le tour s'affine, le coeur est dur, le fromage a mauvais goût. Il importe donc de sécher modérément le fromage. Ce défaut peut avoir des causes diverses allant de l'ensemencement du lait à la technique de fabrication, à la température d'emprésurage ou d'égouttage.

Toutefois, lorsqu'il y a excès d'égouttage, la pâte manque d'humidité, le *Penicillium* se développe lentement, la maturation est longue. Souvent, la température d'égouttage est responsable de ce défaut. Il faut donc éviter, pour ce genre de fromage, le séchage au hâloir.» (CHASTENET).

Penicillium anti*Mucor* ou autres mesures de ce genre deviendront efficaces. Parmi ces moyens de lutte au *Mucor*, on retrouve:

1. **À la fabrication:** mieux égoutter le fromage, puisque *Mucor* ne se développe bien que sur des fromages trop humides. S'assurer que le fromage possède la teneur en sel requise: les *Mucor* sont généralement beaucoup plus sensibles au sel (à l'ion Cl^-) que les *Penicillium*. On peut également effectuer un ensemencement léger du lait en spores de *P. caseicolum* et s'assurer que l'acidité désirée est atteinte.
2. **En hâloir:** choisir des souches de *Penicillium* à croissance rapide. On peut tripler les doses habituelles d'ensemencement. Baisser le % H_2O (H.R.) à 82-83%. Éviter que les fromages soient trop froids à l'entrée au hâloir: ceci entraîne la condensation de surface.

3. **Au traitement de la croûte:** Si le fromage est bien recouvert du *Penicillium* et que quelques taches noires apparaissent, on peut le laver à l'aide d'un jet d'eau à très basse pression. Ensuite, on le sèche durant 24 heures avant de l'emballer.

d) Formation du défaut appelé «graisse»

Appelée aussi peau de crapaud. C'est le développement exagéré d'un organisme qui participe à la flore normale d'un fromage de lait cru; c'est à dire du *Geotrichum candidum* (*Oïdium lactis* ou *Oospora lactis*). Quelques jours après le salage, le tour et la surface se recouvrent de rouge, formé de matières gluantes et odorantes, qui empêchent le *Penicillium* de croître. La caséine se dégrade rapidement, donnant une odeur de NH_3 et une croûte coulante. Les causes sont un salage insuffisant, une température élevée en hâloir (plus de 15°C), ou une contamination (dans le cas de fromages faits de lait pasteurisé).

e) Gonflement

La pâte est spongieuse à la sortie du moule. Ce phénomène constitue généralement un gonflement relié à la production de gaz fabriqué par les coliformes ou les levures. Pour éliminer le défaut:

— surveiller l'hygiène de fabrication;
— s'assurer d'un ferment actif.

f) Apparition de bleu

«Cet accident, caractérisé par l'apparition en surface de taches bleuâtres ou verdâtres, est provoqué par le développement du *Penicillium glaucum*, moisissure très répandue dans la nature. Lorsque sa présence est constatée, il faut immédiatement pratiquer une désinfection complète des locaux et du matériel, en même temps qu'une vérification de la pureté bactériologique des levains de bactéries lactiques et de *Penicillium caséicolum* utilisés pour la fabrication.» (VEISSEYRE).

On a montré que le bleu n'apparaît souvent que sur une face du fromage. La face contaminée est généralement celle qui a été en contact avec le treillis de la table de moulage. Il y a alors une flore anaérobie dont les levures produisent de l'alcool éthylique. Cet alcool inhibe le *Penicillium caseicolum* sans gêner le *Penicillium glaucum*.

Il s'agit donc, outre la désinfection du matériel, d'effectuer des retournements plus fréquents, ou d'ensemencer avec des levures non alcoolisantes. Éviter également une acidité excessive.

g) Taches violettes

Ces taches apparaissent entre le mycélium et la pâte et proviennent d'une contamination par *Penicillium funiculosum* qui produit un pigment violet en présence de matière grasse.

h) Pâte sèche

Ce type de pâte résulte d'un égouttage trop poussé du caillé et il est occasionné soit par:

— dose de présure trop forte;
— fermentation lactique trop importante;
— température d'emprésurage trop élevée;
— température du caillé ne baissant pas assez rapidement;
— travail mécanique trop poussé (découpage en grains trop petits, brassage long, retournements nombreux, etc.).

Il en résulte une pâte plâtreuse, granuleuse, farineuse. Une acidification trop poussée donnera une pâte cassante, communément appelée «coeur blanc». L'affinage est insuffisant puisque le fromage n'est pas assez humide pour permettre le développement normal de la flore caséolytique.

i) Pâte coulante

C'est le phénomène inverse de la pâte sèche. Le caillé très humide est le siège d'un développement excessif de la flore protéolytique entraînant une digestion prononcée de la caséine.

j) Trous de moulage

Les trous issus de fermentations anormales sont généralement fins, sphériques et parsèment la pâte. Par contre, les trous de moulage sont assez importants, de forme irrégulière. Ils se forment lorsque les grains de caillé, souvent trop gros, irréguliers, ont une surface trop sèche, trop égouttée qui les empêche de bien s'agglomérer.

C- Fromages de type Saint-Paulin

Dans ce type de fromage, on peut retrouver 6 défauts majeurs, énumérés ci- après.

a) Saveur acide

Le pH ne devrait pas baisser à moins de 5,0. Le pH final atteint dépendra de l'activité du ferment et de la quantité de lactose se trouvant dans le grain de caillé. On peut jouer sur l'acidification avec le pourcentage d'inoculation et sur le degré de lavage du grain. On peut également employer des mélanges de mésophiles et *Streptococcus thermophilus*. Dans ces mélanges, l'acidification est rapide au cours de la fabrication, mais ralentit sous presse puisque le refroidissement du caillé limite fortement l'activité de *S. thermophilus*.

b) Saveur amère

La saveur amère est souvent associée à une forte acidité; on confond même un goût amer avec un goût très sur. Ce phénomène a été relié à l'acidité de certains ferments effectuant une protéolyse trop poussée.

c) Saveur fade

Ce défaut est causé par une croissance insuffisante de la flore de surface (*Brevibacterius linens*), reliée à un salage trop prononcé, un pH trop bas, une basse température dans la chambre de maturation et/ou une humidité relative insuffisante.

d) Saveur fruitée

Une saveur fruitée, fermentée ou métallique dépend généralement du développement de bactéries indésirables après 7 à 14 jours de maturation. Les bactéries anaérobies (dont les sporulées) causent tout spécialement ce défaut. Il faut donc employer du lait de haute qualité bactériologique. Soulignons toutefois que des pH de 5,3 à 5,4 et plus favorisent ce problème, ainsi qu'un salage insuffisant (% de sel dans la saumure, temps et température de la saumure, grosseur des meules, nombre de meules dans la saumure).

e) Texture faible, pâteuse

Une combinaison de facteurs entraînent ce phénomène:

— humidité élevée;
— haute ou très basse acidité;
— sous-salage.

Les fromages ayant une pâte faible démontrent un goût sûr si l'acidité est élevée ou fruité si l'acidité est insuffisante.

f) Croissance de moisissures

Un assèchement en surface du fromage retarde le développement des bactéries de surface mais favorise le développement de moisissures. Ce dernier défaut dénote également un manque de soins en cave.

D- Fromage cottage

a) Saveurs anormales

Les saveurs anormales (amère, fruitée, de malt, malpropre) résultent généralement de la croissance de bactéries, levures, moisissures contaminantes. Les mauvaises saveurs peuvent également avoir comme origine le lait écrémé ou la crème. Un goût trop acide révèle un lavage insuffisant du caillé ou l'entreposage à température élevée de crème ou de caillé cuit à une température de moins de 54°C (la cuisson à 54°C tue les ferments lactiques). Certaines variétés de bactéries lactiques donnent de mauvais goûts naturellement; c'est le cas de *Streptococcus lactis* var. *maltigenes*, qui engendre un goût malté. Les goûts d'oxydé ou de métallique sont reliés à la crème qui a été exposée à la lumière ou contaminée avec le fer et le cuivre. Les poudres de lait ajoutées afin de fortifier peuvent également être à l'origine de mauvais goûts.

b) Caillé caoutchouteux

Un caillé caoutchouteux ou trop ferme résulte de la cuisson à de trop hautes températures ou d'un pH trop élevé à la coupe. L'utilisation de températures plus basses lors de la cuisson ou un pH plus bas à la coupe donnera un caillé qui ne présente pas ce défaut.

c) Présence de sérum

La présence de sérum peut indiquer que la crème a coagulé pour une raison quelconque (entreposage à haute température, cuisson à basse température permettant la survie des ferments, sur-addition d'agents stabilisants, production de protéases par une flore de contamination). De plus, une certaine séparation peut avoir lieu si la crème n'a pas été homogénéisée.

d) Grains agglomérés

Le défaut des grains agglomérés est dû le plus souvent:

— au décaillage;
— à un pH trop élevé;
— à une cuisson trop rapide;
— à un brassage trop léger lors de la cuisson;
— aux grains trop longtemps en contact avec les parois chaudes du bassin.

e) Croissance des psychrotrophes

La croissance des psychrotrophes peut avoir lieu si:

— la cuisson s'est effectuée à moins de 50°C;
— le fromage conditionné est à plus de 10°C au moment de l'entreposage à froid.

E- Fromage de type suisse

Les défauts majeurs rencontrés dans le fromage de type suisse sont:

a) Nombre et distribution des yeux

1- Influence de la fermeté de la pâte

— Une pâte trop ferme entraîne une diminution du nombre d'yeux. Inversement, une pâte trop humide provoque la formation d'un trop grand nombre d'yeux.
— Les grains qui se rassemblent en mottes (surtout lors de la cuisson) connaissent un mauvais égouttage. Ces portions sont ainsi trop humides et favorisent la formation de trop d'yeux.

2- Influence du foyer

Le foyer est l'endroit où il y a accumulation des bulles de CO_2 menant à la formation des yeux. Différentes conditions peuvent l'affecter.

— L'intrusion d'air lors des pompages ou l'addition de grains de caillé à la surface du bloc soudé contribuent à la multiplication des foyers et à la prolifération du nombre de trous.
— Une clarification ou une bactofugation trop poussée élimine des particules ou des leucocytes qui constituent des foyers pour les yeux. On observe alors trop peu de trous.
— Dans le cas d'une pâte mal soudée, il y a alors formation d'un grand nombre d'yeux. Ce défaut peut être relié à:
  — un pH trop acide;
  — un refroidissement de surface trop rapide sous presse;
  — une immersion du bloc chaud dans la saumure froide;
  — une addition de grains froids à la surface du bloc soudé lors de la mise sous presse.

3- Nombre de bactéries propioniques et à leur activité

— Le nombre d'yeux est proportionnel au nombre de bactéries propioniques et à leur activité.

— L'activité des bactéries propioniques est affectée par des antibiotiques, un lait chargé en psychrotrophes, un pH trop acide ou une température de cuisson trop élevée.

b) Grosseur des trous

1- Trous trop grands ou trop petits

La grosseur des trous découle d'une fermentation secondaire hâtive ou tardive. Plus la fermentation est hâtive, plus les trous seront gros. Ces types de fermentation sont généralement reliés à un mauvais lait ou une sous-acidification du ferment.

— Fermentation hâtive

La fermentation hâtive déclenche la production de gaz alors que le fromage est encore sous presse ou avant qu'il ne soit transféré en cave chaude. Ceci peut être relié à la croissance de bactéries ou de levures. Les organismes les plus communs dans ce défaut sont les coliformes. Ils se développeront si le ferment n'est pas assez actif (mauvaise préparation, phages, etc.). D'autres bactéries reconnues dans cette situation incluent: *Bacillus polymixa, Clostridium perfringens* et les lactobacilles hétérofermentaires.

Outre les bactéries, les levures peuvent produire ce défaut. Il faut plus de 100 000 levures/mL de lait pour que ce défaut se manifeste. Tout comme pour les coliformes, les levures sont thermosensibles, et des contaminations aussi poussées soulignent un manque d'hygiène flagrant.

— Fermentation tardive

Elle se produit au cours de la maturation. Le gaz forme des trous d'épingle et les yeux résultant de cette fermentation apparaissent en grappes. Les bactéries du genre *Clostridium* produisent généralement ce défaut. Elles fermentent le lactate, généralement pour produire, entre autres, l'acide butyrique. Le problème est accentué par le fait que *Streptococcus thermophilus* stimule la croissance des clostridies. Les Européens ajoutent des sels (nitrite, nitrate) ou des antibiotiques (nisine) afin de prévenir ce défaut, mais de telles additions sont illégales au Québec. Plus récemment, l'addition de lysozyme s'est avérée efficace. Certaines industries recherchent des ferments produisant un inhibiteur quelconque (nisine ou autre) afin d'enrayer ce problème. (Voir photo 29)

2- Ouvertures géantes

Les ouvertures géantes ('Blow holes') sont dues à un:

— lait de mauvaise qualité bactériologique;

— mauvais pressage sur une portion du fromage. (Voir photos 30 et 31)

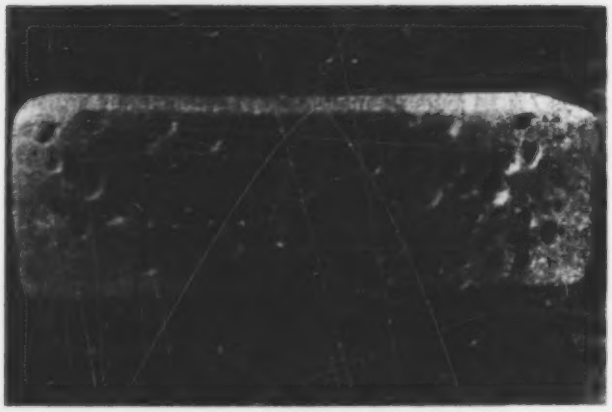


Photo 29 — **Fermentation tardive**

Photo 30 — **Ouvertures géantes**

Photo 31 — **Ouvertures géantes**

— un pH trop acide (moins de 5,1). La décalcification rend la pâte moins flexible. Ceci peut être relié à une trop forte activité des lactobacilles;
— un drainage trop important du sérum lors du soutirage, notamment en moules métalliques en fromagerie mécanisée (voir photo 33);
— divers autres facteurs apparaissent aux tableaux 11 et 12.

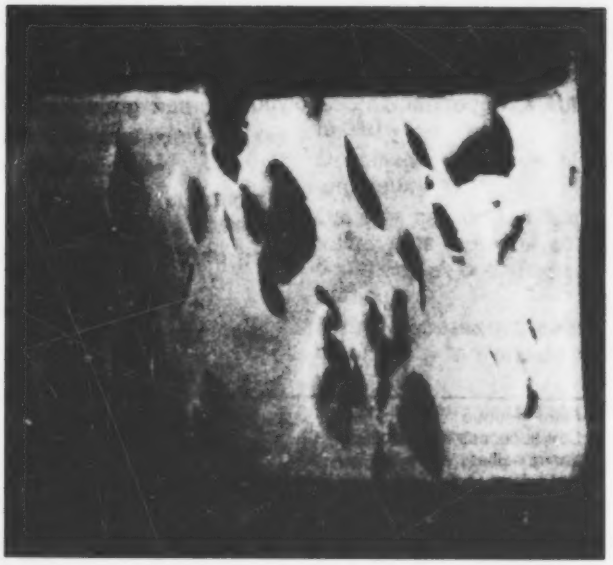


Photo 32 — **Ouvertures affaissées**

c) Forme des ouvertures

1- Irrégulières:

— L'affaissement de la meule en cave chaude provoque des trous irréguliers. Il faut donc un bon croûtage ou envelopper la meule.
— S'il y a un mauvais pressage, la pâte conserve trop d'eau et la texture faible permet des formes irrégulières.

2- Affaissées:

— Défaut qui se produit si le refroidissement est trop rapide lors du transfert de la cave chaude à la chambre de garde. (Voir photo 32)

3- Fentes et lainures:

Elles sont dues à:

— une croissance trop importante des bactéries propioniques en chambre de garde. Pour y remédier, il faut choisir des souches qui ne se développent pas à moins de 10°C;
— une utilisation de cultures mésophiles qui contiennent les espèces de *Leuconostoc* et *Streptococcus diacetilactis*;

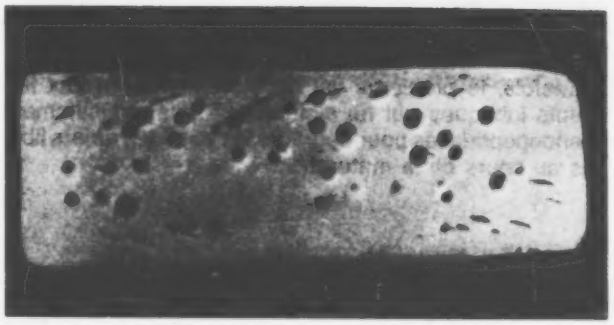


Photo 33 — **Fentes et lainures**

Tableau 11
Diverses causes à la formation de lainures, et les remèdes à apporter

Les causes particulières		Remèdes spécifiques
Microbiologiques	**Autres causes**	
Insuffisance ou excès de F.L.[1] mésophiles Insuffisance de St. Th.[2] Forte action relativement tardive des L.b.[3] (pH trop acide) Lait à forte population caséolytique	• manque de calcium • excès de protéines très hydratées • manque de cohésion du caillé et du fromage • excès de matière grasse • grain «coiffé» • excès de sérum dans la pâte • manque de sérum pour faire la pâte Comté: lainure Emmental: bec en croûte	Propreté et refroidissement du lait Ca Cl_2[4] en début de report St. th.[2] en souche pure (maturation du lait faible) Décaillage grain relativement fin et anguleux (méthode de décaillage 3 temps) Dans le cas de lait relativement acide, travail plus rapide et addition éventuelle d'eau au décaillage en particulier Éviter une température trop élevée de conservation des fromages en cave avant ou après cave chaude

1- Flore lactique
2- *Streptococcus thermophilus*
3- Lactobacilles
4- $CaCl_2$

4- Non lisses

— pH trop acide. Le lavage du grain diminue le problème.

d) Formation de cristaux

Reliée à la cristallisation de la tyrosine suite à une protéolyse avancée.

e) Défaut de couleur

Ce défaut est relié à la croissance de bactéries propioniques pigmentées originelles du lait: des taches brunes seront alors rencontrées. D'autre part, *Lactobacillus helveticus* produit un pigment brun rose à partir de la tyrosine.

f) Goût amer

Ce défaut est asez commun, mais se produit plus fréquemment dans le cheddar que dans le suisse. Dans certains cas, les enzymes protéolytiques de *Streptococcus faecalis*, var. *liquefaciens*, sont à l'origine de ce goût.

Toutefois, le problème est généralement relié aux ferments lactiques qui ne synthétisent pas suffisamment d'endopeptidases pour dégrader les peptides amers libérés au cours de la maturation.

g) Autres défauts de saveur

Il arrive que des goûts de putride, malpropre, fermenté, rance, fruité, ou autres se développent dans le fromage suisse.

Le goût putride se manifeste dans les cas de protéolyse indésirable, accompagnée de production de H_2S. Les clostridies semblent responsables de ce défaut.

Un goût rance peut se retrouver suite à la production excessive d'acide butyrique par les clostridies. Toutefois, les laits de mauvaise qualité (lipolyse, comptages élevés en psychrotrophes) causent cette situation. Bien que la lipase naturelle du lait soit détruite par la pasteurisation, tel n'est pas le cas des lipases synthétisées par les psychrotrophes, qui poursuivent leur action au cours de la maturation.

Tableau 12
Erreurs de techniques en pâtes cuites

Les principaux défauts de l'emmental dus à des caractères lactiques trop poussés	Les causes particulières		Remèdes spécifiques
	Microbiologiques	Autres causes	
Pâtes lainée et éraillée (lainure et éraillure) Formation de fentes plus ou moins longues et nombreuses dans le fromage, dans une partie ou dans l'ensemble du fromage. fentes courtes = becs	*Lainure acide* – Excès de F.L.[1] mésophiles – Insuffisance de Streptocoques thermophiles – Excès de Str. th.[2] dans le cas de laits mûrs – Forte action relativement tardive des lactobacilles *Lainure protéolytique* en cave	– manque de calcium – excès de protéines très hydratées – manque de cohésion du caillé et du fromage – excès de matière grasse – grain «coiffé» – excès de sérum dans la pâte (pouvoir acidifiant) – manque de sérum pour faire la pâte Comté: lainure Emmental: bec sous croûte – manque de cohésion au moment où le dégagement de gaz carbonique se produit (élévation de la température).	Propreté et refroidissement du lait $CaCl_2$[4] en début de maturation. Str. th.[2] en souche pure (maturation du lait faible) Décaillage «grain de blé» anguleux Dans le cas de lait acide travail plus rapide et addition d'eau au décaillage en particulier Refroidissement avant moulage si le fromage se vide mal Éviter une température trop élevée de conservation des fromages en cave (4-5°C)
Pâte bicolore (bicoloration) en général blanc sous croûte et coloration normale voire excessive au centre.	Lactobacilles trop actifs dès la mise sous presse en correspondance avec un égouttage insuffisant du grain de caillé. (fromage «coiffé» par suite d'une cohésion insuffisante).	– manque de cohésion du caillé et du fromage (caséolytiques) – migration de la matière grasse ou plutôt des pigments liposolubles par suite de la modification de structure.	$CaCl_2$[4] en début de maturation Diminuer la dose de Lb en contrôlant l'acidité du sérum à 2 h. de pressage, dans le fromage, avec incision, selon la saison Compenser par l'utilisation de Str. th.[2] en souche pure (sans NPN)[5] Grain «de blé» (gros grain accentue les écarts d'acidité qui peuvent se manifester) Certaines souches de Lb[3] sont peut-être à ralentir en les cultivant sur sérum?

Tableau 12
Erreurs de techniques en pâtes cuites

Les principaux défauts de l'emmental dus à des caractères lactiques trop poussés	Les causes particulières		Remèdes spécifiques
	Microbiologiques	Autres causes	
Pâte blanche dans la masse et coriace Il s'agit souvent de fromages chargés	Mauvaise qualité bactériologique du lait.	– égouttage au moulage insuffisant. – présence de lactates en quantité importante	Refroidissement avant moulage Str. th.[2] en souche pure (lait propre) Décaillage méthodique avec repos et découpage peu après la prise
Pâte blanche sous croûte sur 2 cm d'épaisseur environ avec en général des becs c'est-à-dire de courtes fentes.	Grain trop égoutté au moulage (lait mûr)	– par manque de sérum sous croûte – pâte mal liée sous croûte (froid) – manque de souplesse (vieux lait, grain arrondi) – rôle du sel (1°C, temps)	Grain «de blé» atténue les différences Échanges fromages/saumure à ralentir (fromage ou saumure moins chauds) Rechercher une pâte souple
	Acidification excessive et trop rapide des Lb[3].	– par excès de sérum sous croûte	Contrôle de l'acidité à 2 h. de pressage Refroidissement avant moulage Pressage progressif
Pâte humide et plus ou moins aveugle.	Lait trop mûr (mésophiles) Excès de protéolyse Souches de levains thermophiles inhibées.	– conservation et âge du lait – traitement thermique trop élevé manque de propioniques	Il s'agit souvent d'un problème d'organisation

1- Flore lactique
2- *Streptococcus thermophilus*
3- Lactobacilles
4- $CaCl_2$
5- Azote non protéique

F- Fromage fondu

Plusieurs défauts du fromage naturel se transmettent au fondu. Les défauts de couleur ou de texture sont généralement éliminés par la fonte, mais non ceux des goûts putrides, malpropres et chimiques.

Les défauts les plus fréquents: Voir tableau 13.

Tableau 13
Défauts communs des fromages fondus

Défauts	Effets	Causes
Saveur		
Acide	Piquant sur la langue.	Trop de phosphates.
Moisie	Rance.	Contamination.
Texture — corps		
Trop molle	Huileuse, spongieuse.	Excès de gras ou de citrates, pH.
Trop ferme	Se tranche difficilement.	Excès de polyphosphates.
Séparation	Eau et gras se séparent.	Émulsifiant insuffisant, bas pH.
Collant	Fromage colle au couteau.	pH trop élevé.
Granuleux	Sablonneux au goût.	Cristaux de diphosphate de Ca, tyrosine, lactose, émulsifiant.
Égrenante, farineuse		Excès de polyphosphates, ph anormal.
«Pesante»	Type gomme.	Cuisson trop longue.
Apparence		
Brun ou rose		Cuisson trop longue en présence de lactose.
Gazeuse	Trous.	Coliformes, clostridies, propioniques.
Cristaux	Blancs, parfois accompagnés de trous.	Comme pour texture granuleuse.

CHAPITRE IX:
CONTRÔLE DE QUALITÉ

Sous ce chapitre, on regroupe deux grands thèmes reliés aux contrôles de la qualité. Dans la première partie, vous retrouverez quelques descriptions d'analyses utilisées dans l'industrie fromagère (de la matière première jusqu'au produit final).

La deuxième partie est surtout reliée à l'analyse sensorielle des fromages qu'on appelle communément «classification des fromages».

— *Introduction*

Les analyses ou tests du fromage sont essentiels pour faire connaître la qualité microbiologique du produit, sa composition chimique et ses principales caractéristiques physiques. Ces tests, s'ils sont faits à différents stades, montrent l'évolution du produit tout au long de sa fabrication et font prévoir le résultat final. Il est en outre possible de vérifier la qualité des matières utilisées; d'analyser différents paramètres en cours de production et de vérifier la qualité physique, chimique, microbiologique et organoleptique du produit fini.

Pour faciliter la consultation du guide, nous avons regroupé les analyses sous trois grands titres: les analyses de la matière première, des ferments et des phages, les analyses en cours de production et les analyses du produit fini. Les analyses générales pour le lait et les produits laitiers se retrouvent dans tous les ouvrages traitant du lait. Pour certaines analyses, nous avons fait état de plusieurs méthodes les unes indicatrices, d'autres plus précises. Comme le produit doit être conforme à la réglementation, nous avons aussi décrit les méthodes utilisées par les organismes gouvernementaux.

A- Analyses sur la matière première

I- Numération totale des bactéries aérobies mésophiles dans le lait

1- Domaine d'application

Numération bactérienne totale dans le lait.

2- Principe de la méthode

La numération bactérienne totale sert à évaluer le nombre de micro-organismes viables par millilitre (ml) d'échantillon. Une portion de l'échantillon est ajoutée à un milieu gélosé défini, incubé sous des conditions spécifiques de durée et de température. Les micro-organismes viables se multiplieront sous ces conditions et donneront naissance à des colonies visibles qui pourront être comptées.

3- Matériel et milieu de culture

Bain-marie maintenu à 50 ± 1°C, pour conserver l'agar fondu.

Incubateur maintenu à 32 ± 1°C.
Numérateur de colonie de type «Québec».
Compteur-enregistreur manuel.
Bouteilles à dilution en verre, capacité 150 ml.
Plats de Petri 100 × 15 mm.
Pipettes bactériologiques stériles de 1 ml et de 10 ml.
Gélose nutritive déshydratée: Plate Count Agar Difco #0479.

Diluant: solution aqueuse «tampon phosphate» et «sulfate de magnésium».

Tampon phosphate (solution-mère)

Dissoudre 34 g de phosphate de potassium monobasique (KH_2PO_4) dans 500 ml d'eau distillée, ajuster le pH à 7,2 avec NaOH 1N et compléter à 1 litre dans une fiole volumétrique.

Sulfate de magnésium (solution-mère)

Dissoudre 50 g de sulfate de magnésium hydraté ($MgSO_4.7H_2O$) dans l'eau distillée et compléter à 1 litre dans une fiole volumétrique.

Solution de travail

Ajouter 1,25 ml de la solution-mère tamponnée et 5 ml de la solution mère de sulfate de magnésium à l'eau distillée et compléter à 1 litre; placer dans des bouteilles à dilution de 90 ml de solution, stériliser 15 minutes à 1,05 kg/cm^2 (15 lb/po^2).

4- Mode opératoire

a) Préparation des dilutions

— Agiter vigoureusement l'échantillon afin d'obtenir un produit homogène.
— Préparer une dilution 1:10 en ajoutant 10 ml de l'échantillon à 90 ml de la solution de travail de tampon phosphate stérile.
— À partir de cette dilution, procéder aux dilutions subséquentes de 1:100, 1:1 000, 1:10 000, etc .. de la façon suivante: transférer 10 ml de la dilution précédente dans 90 ml de tampon phosphate stérile. Bien agiter. Changer de pipette pour effectuer chacune des dilutions.

b) Ensemencement des plats de Petri

— Agiter les bouteilles à dilution 25 fois en décrivant un arc de 30 cm (un pied). Durée totale de l'agitation: 7 secondes.
— Pipetter 1 ml de chacune des dilutions de l'échantillon dans un plat de Petri adéquatement identifié.
— Verser 10 à 15 ml d'agar refroidi dans chacun des plats de Petri, agiter délicatement (par rotation dans les deux directions) pour bien répartir les bactéries dans le milieu nutritif, laisser solidifier la gélose.

* Il ne devrait pas s'écouler plus de 20 minutes entre la réalisation des dilutions de l'échantillon et l'ensemencement.

c) Incubation des plats de Petri

Incuber les plats de Petri inversés à 32 ± 1°C pendant 48 ± 3 heures.

d) Sélection des plats de Petri et numération

La numération des colonies doit s'effectuer avec l'aide d'une lentille grossissante sous un éclairage artificiel uniforme et contrôlé. Le compteur de colonie type «Québec» est généralement utilisé.

Si possible, sélectionner les plats renfermant entre 30 à 300 colonies. Si les comptes ne se situaient pas dans cet invervalle, les plats dont le nombre de colonies s'en rapproche le plus devraient être sélectionnés. Il est préférable au moment d'exprimer les résultats de n'inscrire que deux chiffres significatifs.

- «un plat de Petri renfermant entre 30 et 300 colonies»

Compter toutes les colonies sur le plat de Petri choisi et exprimer le nombre total de colonies en fonction de la dilution utilisée (Tableau 14, échantillon 1 et 2).

- «deux dilutions consécutives renfermant entre 30 et 300 colonies»

Si les plats de Petri de deux solutions décimales consécutives renferment entre 30 et 300 colonies chacun, effectuer le compte total standard par ml pour chacune des dilutions en multipliant le nombre de colonies par plat par le facteur de dilution utilisée. Rapporter la moyenne arithmétique comme le compte total standard par ml, sauf si le compte le plus élevé est plus de deux fois supérieur au compte le moins élevé. Dans ce dernier cas, le nombre le moins élevé devient le compte total standard par millilitre (Tableau 14, échantillon 3 et 4).

- «aucun plat de Petri ne renfermant entre 30 et 300 colonies»

— plus de 300 colonies

Utiliser le plat de Petri présentant le compte le plus près de 300 et exprimer comme un compte total standard estimé par ml (Tableau 14, échantillon 5).

— moins de 30 colonies

Compter le nombre de colonies de la plus faible dilution et exprimer comme un compte total standard estimé par ml. (Tableau 14, échantillon 6).

- «plats de Petri ne renfermant aucune colonie»

Exprimer le compte comme étant plus petit (<) que la plus faible dilution, compte total standard estimé par ml (Tableau 14, échantillon 7).

- «plats renfermant un nombre excessif de colonies (> 300)»

— moins de 10 colonies par centimètre carré (cm^2)

Compter les colonies de treize (13) carrés (1 cm^2) représentatifs et multiplier la somme par 5 lorsque la surface du plat de Petri est égale à 65 cm^2, compte total standard estimé par ml.

— plus de 10 colonies par centimètre carré

Compter les colonies de quatre (4) carrés, effectuer la moyenne et multiplier par 65 lorsque la surface du plat de Petri est égale à 65 cm^2, compte total standard estimé par ml.

— pour plus de 100 colonies par centimètre carré

Exprimer les résultats comme étant plus de 6 500 fois supérieurs à la plus grande dilution ensemencée, compte total standard estimé par ml (Tableau 14, échantillon 8).

- «plats présentant des colonies envahissantes»

Choisir une surface représentative exempte de colonies envahissantes et compter les colonies dans cette région, multiplier le compte obtenu sur la surface représentative par l'inverse de la portion qu'elle occupe par rapport à la surface entière du plat de Petri: Exemple: 50 colonies dénombrées sur la moitié (1/2) de la surface du plat: 50 x 2 = 100 colonies par plat.

Tableau 14
Exemples de «numération bactérienne totale» par millilitre(1)

Numéro de l'échantillon	Nombre de colonies par dilution		Rapport des comptes (3)	Compte total standard
	1:100	1:1 000		
1	262	24	—	26 000
2	(2) envahissement	72	—	72 000
3	203	37	1,8	29 000
4	160	34	2,1	16 000
5	340	22	—	34 000 estimé
6	15	3	—	1 500 estimé
7	0	0	—	<100 estimé
8	—	8 250	—	>6 500 000

(1) Lorsqu'un seul plat de Petri (pour chacune des deux dilutions utilisées) est ensemencé.
(2) Lorsque des colonies envahissantes sont présentes sur plus de la moitié du plat de Petri.
(3) Le rapport des comptes est le rapport du compte supérieur par rapport au compte inférieur.

II- Recherche des antibiotiques dans le lait à l'aide de Bacillus subtilis

1- Domaine d'application

Recherche des antibiotiques dans le lait.

2- Principe de la méthode

Cette méthode est basée sur la propriété de diffusion des antibiotiques sur milieu gélosé. La présence d'antibiotique dans le lait empêchera la croissance du microorganisme test en milieu gélosé.

3- Matériel et milieu de culture

Milieu gélosé: Antibiotic Medium No. 1 Difco no. 0263.
Boîtes de Pétri: 100 × 15 mm en polystyrène à surface plane.
Suspension de spores de *Bacillus subtilis*:

— Employer une suspension standardisée ATCC 6633 (BBL 12084).
— Conserver au réfrigérateur.
— Effectuer des dilutions de cette suspension à l'aide d'une solution de tampon phosphate stérile.
— Choisir la dilution de la suspension des spores, qui en milieu gélosé donnera une croissance uniforme et suffisante, tout en présentant des zones d'inhibition bien définies avec des témoins de 0,05 unité internationale (U.I.) de pénicilline.

Disques en papier filtre

— Disque-témoin:

De diamètre de 1,25 cm (1/2 po) et de grande absorbance, renfermant 0,05 U.I. de pénicilline BBL 31053. Ces disques serviront de témoins positifs et devront être utilisés pour chacun des essais.

— Disques d'échantillonnage:

De diamètre de 1,25 cm (1/2 po) et de grande absorbance BBL 31121.
Pénicillinase concentrée: Bacto-Penase-Difco (0346-63).
Pinces à dissection avec pointes incurvées.
Bain-marie maintenu à 70°C ou 82°C selon la méthode utilisée.
Incubateur maintenu à 32°, 35° ou 37°C selon la méthode utilisée.
Diluant: solution aqueuse «tampon phosphate» et «sulfate de magnésium».

Tampon phosphate (solution-mère)

Dissoudre 34 g de phosphate de potassium monobasique (KH_2PO_4) dans 500 ml d'eau distillée, ajuster le pH à 7,2 avec NaOH 1N et compléter à 1 litre.

Sulfate de magnésium (solution-mère)

Dissoudre 50 g de sulfate de magnésium hydraté ($MgSO_4$, H_2O) dans l'eau distillée et compléter à 1 litre das une fiole volumétrique.

Solution de travail

Ajouter 1,25 ml de la solution-mère tamponnée et 5 ml de la solution- mère de sulfate de magnésium à l'eau distillée et compléter à 1 litre; stériliser 15 minutes à 1,5 kg/cm^2.

4- Mode opératoire

a) Méthode A: incubation prolongée:

— Préparer le milieu gélosé suivant les spécifications du manufacturier. Refroidir à 50-55°C et inoculer une quantité prédéterminée de la suspension de spores de B. *subtilis* de façon à obtenir une concentration de 0,1 à 1,0 × 10^5 spores par ml. Mélanger bien en évitant l'incorporation de bulles d'air dans la gélose. Verser 6 ml du milieu dans les boîtes de Petri, agiter par rotation afin de distribuer l'agar uniformément et laisser solidifier sur une surface plane.

N.B. La taille de l'inoculum et l'épaisseur du milieu gélosé sont deux facteurs qui influencent le diamètre des zones d'inhibition.

— Diviser la face externe de la base de la boîte de Petri en parties égales avec un crayon gras et identifier chacune des parties. Avec des pinces propres et sèches, prélever un disque d'échantillonnage et tremper une partie de celui-ci dans l'échantillon de lait préalablement bien mélangé, laisser le lait imprégner le disque par capillarité, en évitant un excès de lait sur ce dernier.
— Placer le disque à plat sur la surface du milieu gélosé au centre de la section identifiée.
— Placer également sur la gélose un disque-témoin (0,05 U.I.).
— Inverser les boîtes de Petri et incuber à 32°C jusqu'à ce qu'une croissance bactérienne devienne apparente (de 14 à 24 heures).
— Les échantillons de lait positifs doivent être chauffés pendant 2 à 3 minutes à 82°C, refroidis et testés de nouveau. Le traitement thermique inactive les substances inhibitrices naturelles du lait et élimine la possibilité de faux résultats positifs.

b) Méthode B: incubation rapide

— Faire fondre le milieu gélosé, refroidir à 80°C et inoculer la suspension de spores de façon à obtenir une concentration finale de 5,0 × 10^6 spores de *B. subtilis* par ml de gélose. Agiter par rotation afin de distribuer les spores uniformément.
— Maintenir à 70°C dans un bain-marie pendant 15 minutes ou à 80°C pendant 10 minutes, mélanger l'agar à nouveau et préparer les boîtes de Petri telles qu'elles sont décrites au mode opératoire, méthode A.
— Inverser les boîtes et incuber à 37°C jusqu'à ce que la croissance bactérienne devienne apparente, les observations peuvent être réalisées après une incubation de 3 à 4 heures.

— Alternativement, une incubation de 5 à 7 heures à 35°C pourra être utilisée. Cependant, la suspension de spores ajoutée au milieu gélosé, devra contenir $1,0 \times 10^6$ spores par millilitre de gélose.
— Examiner les géloses et interpréter les résultats tel que décrit au paragraphe suivant.

c) Interprétation

En présence d'un antibiotique, les spores de *Bacillus subtilis* sont inhibées et cela est démontré par la présence d'une zone claire autour du disque. Dans le cas contraire, le micro-organisme-test se développe sur toute la surface de la boîte de Petri.

d) Identification de la pénicilline

Placer un disque imprégné de lait chauffé et un disque imprégné de pénicillinase l'un près de l'autre (2-3 mm d'écart) sur la surface de la gélose. Placer un disque-témoin (0,05 U.I.) à proximité du disque contenant la pénicillinase. Incuber les boîtes de Petri tel que le décrit le mode opératoire. S'il y a présence de pénicilline, une zone de neutralisation apparaît au point de jonction. La présence du disque-témoin permet de contrôler l'efficacité de la pénicillinase.

III- Détection de la pénicilline dans le lait (Delvotest P)

1- Domaine d'application

Cette méthode vise à détecter la présence de la pénicilline dans le lait.

2- Principe de la méthode

La présence de pénicilline dans le lait inhibe la croissance d'une bactérie-témoin et empêche, par ce fait, le virage de l'indicateur de pH.

3- Matériel

Pinces, micropipettes et embouts de 0,1 ml.
Bain d'eau maintenu entre 63-66°C.
Bain d'eau maintenu à 82°C.
Bouteilles à dilution de 150 ml.
Thermomètre gradué de 0 à 100°C.
Éprouvettes de 15 × 100 mm.
Balance avec lecture directe 0,1 mg.
Matériel courant de laboratoire.

4- Milieux de culture et réactifs

a) Ampoules d'agar renfermant le *Bacillus stearothermophilus* variété *calidolactis*. Conserver entre 0 et 4,4°C.

b) Pastilles nutritives dont chacune renferme 5,0 mg de glucose, 2,0 mg de lait en poudre écrémé, 0,5 mg de tryptone et 0,025 mg de bromocrésol pourpre. Conserver à la température de la pièce.

c) Solution concentrée de pénicillinase de type Bacto-Penase-Difco (0346-63) ou l'équivalent. Conserver entre 0 et 4,4°C.

d) Pénicilline G sous forme de sel de sodium ou de potassium. Garder à – 10°C.

e) Tampon phosphate 1%
Dissoudre 8,0 g de phosphate de potassium monobasique (KH_2PO_4) et 2,0 g de phosphate de potassium dibasique (K_2HPO_4) dans de l'eau distillée et compléter à 1 litre. Le pH de cette solution doit être de $6,0 \pm 0,1$.

f) Solution de pénicilline G
À l'aide du tampon phosphate 1%, préparer une solution de pénicilline G de concentration équivalente à 100-200 u.i. par ml. Cette solution ne doit pas être conservée plus de 48 heures.

g) Lait en poudre écrémé exempt d'antibiotique et reconstitué selon les instructions du fabricant.

h) Solutions de contrôle

1) Témoin négatif:

Porter à l'autoclave, pendant 10 minutes à 121°C et à 1,05 kg/cm² de pression, 100 ml de lait en poudre écrémé reconstitué, contenu dans une bouteille à dilution de 150 ml. Refroidir rapidement et conserver entre 0 et 4,4°C. Ce lait témoin négatif doit induire une coloration jaune lors de l'essai.

2) Témoin positif:

À partir de la solution de pénicilline G décrite précédemment, préparer dans une bouteille à dilution une solution de lait en poudre écrémé et reconstitué dont la concentration finale en pénicilline G est de 0,006 unité par ml. Placer 5 ml de cette dilution dans des éprouvettes de 15 × 100 mm et garder au congélateur à – 10°C. À cette température, la préparation témoin positif peut être conservée pour une période de 6 mois. Lors de l'utilisation, placer les éprouvettes à la température de la pièce pour décongélation. Ce lait témoin positif doit induire une coloration pourpre lors de l'essai.

5- Détection de la présence d'une substance inhibitrice

a) Identifier le nombre requis d'ampoules et briser l'extrémité.

b) Déposer à l'aide des pinces une pastille nutritive dans chacune des ampoules.

c) À l'aide de la micropipette et des embouts de 0,1 ml, introduire dans les ampoules marquées témoin positif et témoin négatif les solutions de contrôle préparées spécifiquement à cette fin. Dans d'autres ampoules bien identifiées, ajouter 0,1 ml des échantillons de lait à analyser. Changer l'embout pour chacun des prélèvements.

d) Placer les ampoules sur un support et les déposer au bain d'eau maintenu entre 63°C et 66°C pour une durée de 2 heures 30 minutes.

e) Une coloration jaune de tout le milieu gélosé indique l'absence d'une substance inhibitrice.

f) Une coloration pourpre ou pourpre partielle du milieu gélosé indique la présence d'une substance inhibitrice. Tous les échantillons doivent subir le test de confirmation de la pénicilline décrit au paragraphe suivant.

6- Confirmation de la présence de la pénicilline

a) Les échantillons de lait, donnant une coloration pourpre ou pourpre partielle du milieu gélosé tel que le mentionne le paragraphe précédent, doivent être chauffés dans un bain d'eau maintenu à 82°C pendant 2 à 3 minutes et refroidis.

b) Introduire 5 ml de ce lait dans une éprouvette de 15 x 100 mm. Ajouter 0,05 ml de la solution concentrée de pénicillinase et agiter.

c) Introduire dans une ampoule identfiée 0,1 ml de lait chauffé traité à la pénicillinase et dans une seconde ampoule, 0,1 ml de lait chauffé non-traité à la pénicillinase.

d) Incuber dans un bain d'eau maintenu entre 63°C à 66°C pour une durée de 2 heures 30 minutes.

7- Interprétation des résultats

a) Une coloration jaune de tout le milieu gélosé de l'ampoule renfermant le lait traité à la pénicillinase et une coloration pourpre d'une partie ou de tout le milieu gélosé de l'ampoule renfermant le lait chauffé non-traité à la pénicillinase indique un test positif à la pénicilline.

NOTE Si l'échantillon renferme une substance inhibitrice thermostable en plus de la pénicilline, un résultat faux négatif peut se présenter.

b) Une coloration pourpre d'une partie ou de tout le milieu gélosé de l'ampoule renfermant le lait traité à la pénicillinase et une coloration pourpre d'une partie ou de tout le milieu gélosé de l'ampoule renfermant le lait chauffé non traité à la pénicillinase peut indiquer la présence d'une substance inhibitrice autre que la pénicilline.

8- Expression des résultats

Rapporter la présence ou l'absence de la pénicilline seulement.

IV- Détection des antibiotiques dans le lait à l'aide de Bacillus stearothermophilus var. calidolactis

1- Matériel

Verrerie: — Erlenmeyers de 300 ml
— Bouteilles pour agar
— Plats de Pétri carrés quadrillés en plastique
— Capsules en plastique 1 ml de l'American Breeders Service Inc.

Équipement: — Étuve à température contrôlée maintenue
— Incubateur à 57°C ± 2°C
— Cryostat avec de l'azote liquide

Milieu: — Bacto-Antibiotic Médium 3 (Difco 0243-01)
— L'agar Bacto-Plate Count (Difco 0479-01)

Autres: — Disques de papier, 0,635 cm de diamètre (Difco 1599-33-6)
— Disques de papier, Standard de Pénicilline de 0.05 – 0,1 – 0,25 – 0,5 ou 1,0 – 2,5 – 5,0 U.I. (Difco 1562-32-0)
— Pince

2- Méthode

Préparation de la suspension bactériénne

Ensemencer 50 ml de bouillon avec le contenu de deux capsules dans un erlenmeyer de 250 ml de façon à avoir une couche mince de 1 cm d'épaisseur, de «Bacto-Antibiotic-Medium 3» préalablement réhydraté et stérilisé selon les spécifications du fabricant. Incuber ensuite de 2 à 5 heures à 57°C ± 2°C jusqu'à l'obtention d'une suspension légèrement turbide. Agiter périodiquement durant l'incubation pour maintenir une bonne aération. Verser aseptiquement la suspension obtenue dans une capsule de plastique de 1 ml que l'on ferme hermétiquement pour conservation au cryostat dans l'azote liquide.

Préparation des plats de Pétri

Dissoudre, stériliser puis refroidir à 45°C de l'agar «Bacto-Plate Count» et couler en plats de Pétri carrés pour avoir une couche d'agar d'environ 2 mm d'épaisseur, puis ensemencer immédiatement au contenu de deux capsules lorsque l'agar est encore liquide, ou de deux ml d'une suspension préparée comme ci-haut mentionné, à partir de deux capsules si on désire préparer plusieurs plats d'agar à la fois. Ces plats d'agar peuvent être préparés et conservés à l'avance au réfrigérateur de 5 à 7 jours au maximum.

Essai

À l'aide d'une pince, prendre un disque de papier de 0,635 cm, le tremper dans lait à analyser, égoutter le papier sur le rebord du contenant et le déposer sur le plat de Pétri.

Numéroter la position de chaque disque. On peut en déposer 3 à 6 par plat. Incuber ensuite les plats de Pétri à l'envers à 57 ± 2°C, le *Bacillus* prendra environ 2 heures pour croître sur l'agar.

Un essai positif présentera alors une zone claire dont on mesure la largeur de la couronne en mm.

Le seuil de sensibilité est équivalent à 0,005 U.I. de pénicilline.

Des disques standards de pénicilline peuvent aussi être placés sur les plats d'agar et ainsi on pourra tracer une courbe standard sur papier semi-logarithmique à 3 cycles où la concentration en antibiotique est placée en ordonnée sur l'échelle semi-log et la largeur de la couronne claire, soit la distance parcourue par le front de diffusion de l'inhibiteur dans la couche mince d'agar en abscisse.

Les résultats peuvent être exprimés en terme de largeur de la zone ou convertis en unité internationale de pénicilline ou l'équivalent à l'aide de la dite courbe standard ou à l'aide d'un tableau comme le tableau 15. Il est à noter que le tableau 15 n'est qu'un exemple qui doit être adapté pour chaque cas particulier.

Tableau 15
TABLEAU D'ÉVALUATION DES ANTIBIOTIQUES DANS LE LAIT

Largeur de couronne claire ou d'inhibition	Unité de pénicilline ou équivalent/ml de pénicilline
0 mm	0 unité
1 mm	0,005
2 mm	0,01
3 mm	0,015
4 mm	0,02
5 mm	0,03
6 mm	0,04
7 mm	0,05
8 mm	0,10
9 mm	0,15
10 mm	0,20

V- Test d'activité d'un ferment

Ce test vise à juger la capacité d'un ferment à produire l'acide dans les conditions normales d'incubation à 21,6°C pendant une durée déterminée. On mesure l'acidité atteinte par acidimétrie, avec de la soude 1/9 N. Le tout est exprimé en °D (Dornic). Nous faisons toujours la moyenne des résultats de deux tubes. Il suffit donc de standardiser nos conditions du milieu d'incubation et d'inoculation afin que ce test soit répétitif d'une fois à l'autre pour avoir des résultats comparables.

Le test d'activité nous donne rapidement un indice de la capacité d'un ferment à produire de l'acidité, afin d'en évaluer le pouvoir à limiter le développement de la flore hétérogène du lait à transformer en fromage. Il ne mesure que l'activité de la ou des souches les plus rapides d'un ferment. Si nous augmentons la température d'incubation de ce test pour obtenir des résultats plus rapides dans un délai raisonnable, nous devons convenir de la production possible d'une sélection entre les souches du ferment à évaluer. Le choix de la température d'incubation et du taux d'inoculation dépendra largement de la rapidité avec laquelle nous voulons obtenir les résultats pour prendre une décision et juger d'un ferment en production.

Les conditions de ce test peuvent varier selon qu'il s'agit d'un thermophile ou d'un mésophile. Il suffit de vérifier, en parallèle, deux tubes de culture. On mesure le développement de l'acidité d'un ferment dans des conditions reproductibles d'une fois à l'autre pour obtenir des résultats comparables. Par expérience, il nous devient facile d'établir des normes pour juger d'un ferment désirable ou non. Ce test nous permet d'éliminer, avant la fabrication fromagère, certains ferments qui pourraient avoir des effets désastreux.

VI- Test de phage

Le vrai test pour déterminer la quantité de phages présents dans une solution, consiste à atomiser des plats de Petri ouverts à l'aide d'une suspension de filtrat de phage provenant de cette solution où une souche pure a été ensemencée en gazon à la surface de la gélose (agar). Le gazon, en se développant, présente des zones claires partout où sont tombées des gouttelettes contenant des phages. En calibrant la solution des phages par une série de dilutions, on en arrive à connaître la concentration exacte du phage dans la suspension. On peut aussi simplifier, en déposant des gouttes d'une série successive de dilution de filtrat de phages sur cette gélose. Cette méthode, simplifiée s'appelle le comptage des zones claires ou des zones lisées.

Cette méthode n'est pas utilisable en fromagerie, pour les raisons suivantes:

a) très compliquée, coûteuse et longue à réaliser;
b) mobilise un monostat pendant de longs moments;
c) on doit travailler avec des souches bactériennes pures et non avec des souches mixtes comme nos ferments industriels.

Plusieurs fabricants ont donc mis au point des méthodes relativement très simples pour évaluer le pourcentage dû à une souche de phages bruts. Cette méthode s'apparente au test d'activité.

Elle consiste tout simplement à faire une suite comparative du test d'activité entre deux séries de tubes parallèles. Dans l'une des séries, on ajoute la solution présumée contenir des bactériophages, alors que l'autre sert de témoin. À la fin de l'incubation, nous n'avons tout simplement qu'à vérifier le pourcentage d'inhibition causé par un tel phage. Cette méthode peut s'appeler «test d'inhibition», sachant qu'en général nous serons en présence de bactériophages. La preuve peut toujours être faite si

on prend soin de faire bouillir l'échantillon pendant deux minutes avant d'effectuer le test.

Il suffit d'effectuer ces opérations dans des conditions aseptiques: il faut donc toujours travailler sous atmosphère stérilisée.

B- Analyses en cours de production

I- Détermination de l'acidité

On distingue deux façons de mesurer et d'exprimer l'acidité: l'acidité titrable, et le pH ou potentiel en ions hydrogène. Ces deux méthodes ont une signification différente, parce qu'elles reposent sur des valeurs différentes. L'acidité titrable mesure la quantité d'acide présent dans un certain volume d'un produit, tandis que le pH détermine l'intensité ou le degré d'activité d'un acide ou d'un milieu acide en mesurant la concentration d'une solution en ions hydrogène exprimée sous une forme logarithmique inverse.

1- Acidité titrable

La détermination de l'acidité titrable constitue une épreuve très populaire. La généralité des établissements laitiers la pratiquent, en raison des services qu'elle rend et aussi de la facilité et de la rapidité de sa technique. En plus d'aider à juger la qualité du lait et de la crème à la réception, elle sert de guide dans la neutralisation et la maturation des crèmes lors de la fabrication du beurre et joue un rôle essentiel dans la fabrication du fromage.

Principe de l'épreuve

L'épreuve de l'acidité titrable repose sur un principe chimique. Les bases et les acides se neutralisent mutuellement dans des proportions définies, alors que la présence d'indicateurs détermine par un changement de couleur quand le point neutre est atteint.

La méthode générale consiste à neutraliser l'acidité présente dans un volume de lait à l'aide d'une solution alcaline standardisée. La solution de phénolphtaléine (indicateur) est incolore dans un milieu acide et rouge dans un milieu basique. Il est possible de connaître l'acidité du produit en évaluant la quantité de solution alcaline qu'il a fallu employer pour la neutraliser. L'acidité s'exprime sous forme d'acide lactique. Au Canada, on pratique la méthode Dornic qui fait usage d'une solution d'hydroxyde de sodium N/9 et d'un poids d'échantillon de lait de 10 g. Comme le poids moléculaire de l'acide lactique se chiffre à 90 g, chaque ml de solution alcaline neutralise 0,01 g de cet acide et indique un pourcentage d'acidité de 0,10%. D'où la formule:

$$\% \text{ d'acide lactique} = \text{ml de NaOH N/9} \times 0{,}01 \times \frac{100}{10}$$

a) Acidité titrable du lait entier, ou lait écrémé, du lait de beurre et du petit-lait de fromage

Matériel nécessaire

— Pipette de 10 ml:
— tasse à titrage;
— bécher ou fiole conique;
— burettes ordinaires ou burettes acidimétriques graduées en 0,10 ml;
— bouteille compte-gouttes pour indicateur;
— tige de verre;
— solution d'hydroxyde de sodium N/9;
— solution à 1% de phénolphtaléine dans l'alcool.

Procédé

— Mesurer, à l'aide d'une pipette, 10 ml de lait. Vider dans la tasse à titrage en laissant l'échantillon s'écouler de lui-même. Pour expulser la dernière goutte, toucher l'intérieur de la tasse avec le bout de la pipette.
— Rincer la pipette avec un égal volume d'eau distillée (exempte de CO_2) et additionner à l'échantillon.
— Ajouter cinq gouttes d'indicateur.
— Ajouter la solution de soude dans la tasse jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle qui persiste au moins 15 secondes. Durant le titrage, agiter légèrement avec la baguette de verre, mais pas trop fortement pour ne pas incorporer du gaz carbonique.
— Lire sur la burette la quantité de soude employée. Le résultat peut s'exprimer de trois façons: en pourcentage d'acide lactique, en ml de soude employée ou en degré Dornic. La relation entre les trois s'établit comme suit: un degré Dornic équivaut à 0,10 ml de soude et à 0,01% d'acide lactique.

b) Acidité titrable de la crème, du lait caillé, du ferment et du mélange à crème glacée

La méthode est la même que pour le lait, sauf qu'il faut peser l'échantillon, soit 10 g et non pas le mesurer à la pipette.

Comme l'acidité naturelle du lait et des produits laitiers est causée par certains solides non gras, l'acidité normale de la crème et du mélange à crème glacée variera suivant leur teneur en solides du sérum.

La formule suivante permet de calculer approximativement l'acidité du produit, si l'on connaît l'acidité du lait utilisé pour préparer ce produit:

$$\text{Acidité probable du produit} = \frac{\text{Acidité du lait} \times \% \text{ des solides du sérum du produit}}{\% \text{ des solides du sérum du lait}}$$

Exemple 1

Pour une crème dosant 6% d'extrait sec dégraissé «solides non gras» et provenant d'un lait dosant 8,5% d'extrait sec dégraissé «solides non gras» et 0,16% d'acidité titrable, l'acidité de cette crème se calcule comme suit:

$$\frac{0{,}16 \times 6}{8{,}5} = 0{,}112\%$$

Exemple 2

Un mélange à crème glacée contenant 10,5% de solides du sérum et préparé avec du lait dosant 8,5% de solides du sérum et 0,16% d'acidité, aura une acidité calculée de:

$$\frac{0,16 \times 10,5}{8,5} = 19,8\%$$

Lorsque l'acidité de ces deux produits dépasse sensiblement l'acidité calculée, cela indique la présence d'acidité causée par l'action de bactéries acidifiantes.

2- Détermination du pH

Domaine d'application

La mesure de la concentration d'une solution en ions hydrogène à l'aide du pH mètre ou potentiomètre constitue une méthode très précise pour la détermination de l'acidité du lait ou du fromage pendant la fabrication. À cause du peu de manipulations, la précision et la répétabilité des résultats sont excellentes.

Principe de la méthode

La méthode consiste à mesurer la différence de voltage entre les deux électrodes du potentiomètre plongées dans la solution à mesurer. La première électrode étant une électrode de référence, la deuxième étant influencée par la concentration en ions hydrogène de la solution, il se crée une différence de voltage entre les deux électrodes qui cause un courant électrique mesuré par le potentiomètre. Cette différence de voltage étant proportionnelle à la concentration en ions hydrogène, le pH peut être lu directement sur l'échelle de l'instrument.

Matériel nécessaire

— Potentiomètre
— Électrode de référence
— Électrode de lecture
— Eau distillée

Mode opératoire

— Régler la température du potentiomètre à la température de lecture des échantillons, c'est-à-dire à la température de la pièce.
— Plonger ensuite les électrodes dans une solution de standardisation de pH connue, sélectionner sur l'appareil la position de standardisation et régler le pH de l'appareil par rapport au pH connu d'une solution de référence.
— Nettoyer les électrodes avec de l'eau distillée et les essuyer avec un papier doux entre chaque détermination.
— S'assurer que le bouton de sélection des modes de l'appareil est en position neutre lorsque les électrodes sont hors des solutions à mesurer ou que l'appareil est inutilisé.
— Placer les électrodes dans la solution à mesurer, sélectionner la position «test» sur l'appareil et effectuer la lecture du pH de la solution.
— Prendre soint de vérifier la standardisation régulièrement si on a plusieurs déterminations successives.

II- Détermination de l'activité de l'enzyme coagulant

La force ou l'activité de l'enzyme se calcule en unités Soxhlet ou Deridge.

L'unité Soxhlet est basée sur le volume de lait coagulé par un volume donné d'enzymes à 35°C en 40 minutes. L'unité Deridge correspond à une unité de présure qui coagule 10 ml de lait en 10 minutes à 38°C. Pour le fromager, le moyen utilisé pour mesurer la force de l'enzyme est le bol Hansen gradué et perforé dans le fond. On le remplit de lait à la température normale d'emprésurage, on y ajoute une quantité de présure diluée à la dernière minute dans de l'eau puis on enlève notre doigt bloquant l'ouverture du bol. La force est inversement proportionnelle à la quantité de lait écoulée avant l'obstruction de l'ouverture par le lait coagulé. Par comparaison, on peut juger de la vigueur du nouveau lot par rapport à un autre. Les différences sont parfois significatives.

C- Analyse des produits finis

I- Préparation des échantillons: homégénats et dilutions

1- Domaine d'application

— Échantillons liquides: crème, eau, jus, lait homogénéisé et cru.
— Échantillons semi-solides: – crème 35%-40%, lait de culture et mélange à crème glacée.
– caillé, cottage, crème sûre, ferment et yogourt.
— Échantillons solides: beurre, crème glacée, fromage et poudre de lait.

2- Principe de la méthode

L'homogénéisation des échantillons faite en solubilisant les produits solides dans un diluant approprié et par une bonne agitation des liquides, permet d'obtenir une meilleure répartition des bactéries. La dilution permet d'obtenir un meilleur décompte bactérien.

3- Équipement et matériel

— Homogénéisateur de type STOMACHER
— Sacs en polyéthylène stériles (18 x 30 cm) d'une capacité de 400 ml.
— Balance: capacité 1 000 à 1 200 g, précision ± 0,1 g.
— Instruments pour la manipulation des échantillons: ciseaux, couteaux, spatules, etc.
— Pipettes bactériologiques de 10 ml et 1,1 ml.
— Étuve maintenue à 45 ± 2°C.

4- Solutions

4.1.- Diluants

Solution aqueuse de tampon phosphate et de sulfate de magnésium

— Tampon phosphate (solution-mère)

Dissoudre 34 g de phosphate de potassium monobasique (KH_2PO_4) dans 500 ml d'eau distillée, régler le pH à 7,2 avec NaOH 1N et compléter à 1 litre dans une fiole volumétrique.

— Sulfate de magnésium (solution-mère)

Dissoudre 50 g de sulfate de magnésium hydraté ($MgSO_4.7H_2O$) dans l'eau distillée et compléter à 1 litre dans une fiole volumétrique.

— Solution de travail

Ajouter 1,25 ml de la solution-mère tamponnée et 5 ml de la solution mère de sulfate de magnésium à de l'eau distillée et compléter à 1 litre; placer dans des bouteilles à dilutions soit 80-90 ml ou 99 ± 2 ml de cette solution, et stériliser 15 min à 1,05 kg/cm^2 (15 lb/po^2) (121°C).

4.2.- Solution de citrate de sodium 2%

Dissoudre 20 g de citrate de sodium ($Na_3C_6H_5O_7.2H_2O$) dans de l'eau distillée et compléter à un litre. Placer dans des bouteilles à dilution soit, 50,80 ou 90 ± 2 ml de cette solution et stériliser 15 min à 1,05 kg/cm^2 (ou 15 lb/po^2).

4.3.- Gélose nutritive déshydratée

Gélose pour dénombrement bactérien total Plate count agar Difco #0479.

4.4.- Alcool éthylique 95% pour la stérilisation des instruments

Ciseaux et couteaux servant à la manipulation des échantillons.

5- Mode opératoire

Toujours se référer au tableau 16 pour la quantité d'échantillons à prélever, la nature, le volume et la température du diluant à utiliser de même que pour le type et le temps d'homogénéisation.

5.1.- Ouverture des contenants

L'ouverture des contenants en polyéthylène scellés doit se faire avec des ciseaux préalablement stérilisés à la flamme après immersion dans de l'alcool éthylique à 95%.

Lorsque l'échantillon n'est pas dans son emballage original, retrancher une lisière de 5 mm d'épaisseur avant de faire le prélèvement. Utiliser un couteau stérile.

5.2.- Types d'échantillons

a) Échantillons liquides

— LAITS ET PRODUITS LAITIERS LIQUIDES

Après une forte agitation du contenant, ajouter 10 ml de l'échantillon à 90 ml du diluant approprié.

— EAU ET JUS

L'échantillon est utilisé directement après une agitation appropriée du contenant.

— LAIT ÉVAPORÉ ET LAIT STÉRILISÉ

Voir méthode spécifique.

b) Échantillons semi-solides

— Mélanger l'échantillon à l'aide d'une spatule stérile ou agiter fortement le contenant afin de rendre l'échantillon le plus homogène possible.
— Peser une quantité appropriée de l'échantillon à l'aide d'une spatule stérile en l'ajoutant directement: soit dans un sac en polyéthylène stérile ou dans une bouteille à dilution préalablement tarée, contenant une quantité déterminée de diluant.

Pour les substances particulièrement fluides telles que la crème 35%, le lait de culture, etc., utiliser une pipette de 10 ml pour prélever l'échantillon.

— Ajouter au sac de polyéthylène une quantité déterminée du diluant approprié.
— Agiter fortement les bouteilles à dilution ou procéder à l'homogénéisation à l'aide d'un homogénéisateur de type STOMACHER, durant le temps déterminé.

c) Échantillons solides

— Prélever de façon aseptique à l'aide d'une spatule stérile sur plusieurs surfaces de l'échantillon.
— Peser une quantité déterminée de l'échantillon en l'ajoutant directement dans un sac en polyéthylène stérile préalablement taré.
— Ajouter au contenant une quantité déterminée du diluant approprié.
— Procéder à l'homogénéisation durant le temps déterminé.
— Pour les poudres de lait, peser 10 g de l'échantillon à l'aide d'une spatule stérile en l'ajoutant directement dans une bouteille à dilution préalablement tarée, contenant une quantité déterminée d'une solution de citrate de sodium 2%. Préparer 4 bouteilles par échantillon. Homogénéiser en agitant fortement.

Tableau 16
HOMOGÉNÉISATION ET DILUTIONS

	Échantillon		Diluant et température			Dilution obtenue	Type et durée d'homogénéisation
	Nature	Quantité	T_pPO_4	Cit.Na 2%	T(°C)		
LIQUIDES	crème 10%-15%	10 ml	90 ml		P	1/10	25 ×
	lait	10 ml	90 ml		P	1/10	25 ×
	lait cru	1 ml	99 ml		P	1/100	25 ×
	eau et jus						25 ×
SEMI-SOLIDES	caillé	20 g	80 ml		P	1/5	25 × ou 1 min
	cottage	20 g		80 ml	45	1/5	3 min
	crème 35%-40%	10 g	90 ml		P	1/10	25 ×
		20 g	80 ml		P	1/5	25 ×
	crème sûre	20 g		80 ml	45	1/5	1 min
	ferment	20 g	80 ml		P	1/5	25 ×
	lait de culture*	10 g	90 ml		P	1/10	25 ×
		20 g	80 ml		P	1/5	25 ×
	mél. crème glacée	10 g	90 ml		P	1/10	25 ×
		20 g	80 ml		P	1/5	25 ×
	yogourt	50 g		50 ml	45	1/2	2 min
SOLIDES	beurre	20 g	80 ml		45	1/5	1 min
	crème glacée	20 g	80 ml		P	1/5	1 min
	fromage	20 g		80 ml	45	1/5	4 min
	poudre de lait	10 g		90 ml	45	1/10	25 ×

NOTE: 25 × signifie agiter manuellement 25 fois en décrivant un arc de 30 cm, lorsqu'un temps est inscrit cela indique une homogénéisation au moyen d'un homogénéisateur de type STOMACHER LAB BLENDER 400.
La lettre «P» signifie température de la pièce.
T_pPO_4 signifie solution de tampon phosphate et de sulfate de magnésium.
Cit. Na signifie solution de citrate de sodium 2%.
* La dilution 1/10 est effectuée lorsque nous avons du lait de culture acidifié artificiellement.

II- Dénombrement des coliformes totaux dans le fromage («Les cloches de Durham»)

1) Principe de la méthode

Des dilutions de l'échantillon de fromage sont ensemencées dans le milieu sélectif liquide, bouillon vert brillant au lactose et à la bile, contenu dans des éprouvettes dotées de cloches de Durham. Ces éprouvettes sont incubées pendant 48 ± 2 heures à 32 ± 1°C. Les résultats sont positifs lorsqu'il y a production de gaz dans les cloches de Durham ou effervescence quand l'éprouvette est agitée légèrement.

2) Matériel

— Incubateur maintenu à 32 ± 1°C.
— Éprouvettes de 20 × 150 mm et cloches de Durham de 10 × 75 mm.
— Éprouvettes de 25 × 150 mm et cloches de Durham de 12 × 100 mm.
— Bouteilles à dilution de 150 ml.
— Balance avec lecture directe 0,2 mg.
— Pipettes stériles calibrées de 1,1 ± 0,025 ml et de 10,0 ± 0,1 ml, en verre ou en matière plastique.
— Anse à inoculer en platine ou chrome de diamètre intérieur de 3 mm.
— Mélangeur électrique genre «Waring Blendor».
— Jarres stériles s'adaptant au mélangeur électrique.
— Matériel courant de laboratoire.

3) Milieux de culture et réactifs

a) Milieu déshydraté vert brillant, lactosé, bilié à 2%
(Difco #007-01-2).

b) Milieu pour échantillon à concentration simple
Dissoudre 40 g de milieu déshydraté dans 1 litre d'eau distillée.

c) Milieu pour échantillon à concentration double
Dissoudre 60 g de milieu déshydraté dans 1 litre d'eau distillée.

d) Solution de dilution
Solution à 2% de citrate de sodium ($C_6H_5Na_3O_7$) préparée depuis moins de 7 jours, et distribuée à raison de 90 ml dans des bouteilles à dilution. Stériliser pendant 15 minutes à 121°C et à 1,05 kg/cm^2 (15 lb/po^2).

4) Mode opératoire

a) Préparation des échantillons
Effectuer une dilution 1:10 en ajoutant, dans une jarre stérile préalablement chauffée à 40°C, 10,0 g de fromage à 90 ml d'une solution de citrate de sodium à 2%, chauffée également à 40°C. Mélanger pendant 2 minutes à une vitesse permettant la dispersion complète des particules de fromage. C'est à partir de cette solution que s'effectue l'inoculation des séries de 3 ou 5 éprouvettes de bouillon vert brillant.

b) Ensemencement du bouillon vert brillant
En fonction du degré de précision requis, inoculer 3 séries de 3 ou 5 éprouvettes suivant le protocole décrit:

1re série (milieu à concentration double)
Introduire 20 ml du bouillon préparé au paragraphe 3.c) dans des éprouvettes de 25 × 150 mm contenant une cloche de Durham renversée de 12 × 100 mm. Stériliser pendant 15 minutes à 121°C et à 1,05 kg/cm^2 (15 lb/po^2). Le pH final devrait être de 7,2 à 25°C. Ensemencer ce milieu avec 10 ml d'échantillon préparé suivant le mode opératoire décrit au paragraphe 4.a).

2e série (milieu à concentration simple)
Introduire 10 ml du bouillon préparé au paragraphe 3.b dans des éprouvettes de 20 × 150 mm contenant une cloche de Durham renversée de 10 × 75 mm. Stériliser pendant 15 minutres à 121°C et à 1,05 kg/cm^2 (15 lb/po^2). Le pH final devrait être de 7,2 à 25°C. Ensemencer ce milieu avec 1,0 ml d'échantillon préparé suivant le mode opératoire décrit au paragraphe 4.a.

3e série (milieu à concentration simple)
Introduire 10 ml du bouillon préparé au paragraphe 3.b dans des éprouvettes de 20 × 150 mm contenant une cloche de Durham renversée de 10 × 75 mm. Stériliser pendant 15 minutes à 121°C et à 1,05 kg/cm^2 (15 lb/po^2) de pression. Le pH final devrait être de 7,2 à 25°C. Ensemencer ce milieu avec 0,1 ml d'échantillon préparé suivant le mode opératoire décrit au paragraphe 4.a.

Agiter soigneusement les éprouvettes inoculées en veillant à ce que des bulles d'air ne pénètrent pas dans les cloches de Durham. Il ne doit pas s'écouler plus de 15 minutes entre la dilution des échantillons et l'ensemencement du milieu.

Effectuer, si nécessaire, de plus grandes dilutions afin d'obtenir au moins un résultat positif et un résultat négatif pour chacune des séries d'éprouvettes inoculées.

L'utilisation des tables de probabilité permettra alors une meilleure interprétation des résultats.

5) Expression des résultats

À l'aide des tableaux 17 et 18 de l'équation explicitée au tableau 19, déterminer le nombre le plus probable (NPP) de coliformes totaux en fonction du nombre d'éprouvettes présentant un résultat positif. Un essai est considéré comme positif si l'éprouvette présente une production de gaz ou de l'effervescence après agitation légère. Le résultat de l'analyse est exprimé comme étant le nombre le plus probable (NPP) de coliformes totaux dans 1 g de fromage.

6) Confirmation de la présence de coliformes

Au moyen d'une anse à inoculer, effectuer un prélèvement dans les éprouvettes donnant une réaction positive et le transférer dans des éprouvettes contenant le bouillon vert brillant à concentration simple et dotées d'une cloche Durham. Incuber pendant 48 ± 2 heures à 32 ± 1°C. Dans toutes les éprouvettes où il y a production de gaz après incubation, un contrôle microscopique avec coloration Gram est effectué.

La présence de coliformes est confirmée lorsqu'il y a production de gaz et que l'examen microscopique révèle la présence de bactéries Gram négatif, en forme de bâtonnets, non sporulées. En principe, dans un travail de routine, il n'est pas nécessaire d'effectuer des essais de confirmation.

Tableau 17
NOMBRE LE PLUS PROBABLE (NPP) DE COLIFORMES TOTAUX (3-3-3)

Nombre d'éprouvettes présentant une réaction positive			Indice NPP/100 g
3 de 10 ml	3 de 1 ml	3 de 0,1 ml	
0	0	1	3
0	1	0	3
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
2	2	0	21
2	2	1	28
3	0	0	23
3	0	1	39
3	0	2	64
3	1	0	43
3	1	1	75
3	1	2	120
3	2	0	93
3	2	1	150
3	2	2	210
3	3	0	240
3	3	1	460
3	3	2	1 100

Tableau 18
NOMBRE LE PLUS PROBABLE (NPP) DE COLIFORMES TOTAUX (5-5-5)

Nombre d'éprouvettes présentant une réaction positive			Indice NPP/100 g
5 de 10 ml	5 de 1 ml	5 de 0,1 ml	
0	0	1	2
0	1	0	2
0	2	0	4
1	0	0	2
1	0	1	5
1	1	0	4
1	1	1	6
1	2	0	6
2	0	0	5
2	0	1	7
2	1	0	7
2	1	1	9
2	2	0	9
2	3	0	12
3	0	0	8
3	0	1	11
3	1	0	11
3	1	1	14
3	2	0	14
3	2	1	17
3	3	0	17
4	0	0	13
4	0	1	17
4	1	0	17
4	1	1	21
4	1	2	26
4	2	0	22
4	2	1	26
4	3	0	27
4	3	1	33
4	4	0	34
5	0	0	23
5	0	1	31
5	0	2	43
5	1	0	33
5	1	1	46
5	1	2	63
5	2	0	49
5	2	1	70
5	2	2	94
5	3	0	79

Tableau 18
NOMBRE LE PLUS PROBABLE (NPP) DE COLIFORMES TOTAUX (5-5-5)

Nombre d'éprouvettes présentant une réaction positive			Indice NPP/100 g
5	3	1	110
5	3	2	140
5	3	3	180
5	4	0	130
5	4	1	170
5	4	2	220
5	4	3	280
5	4	4	350
5	5	0	240
5	5	1	350
5	5	2	540
5	5	3	920
5	5	4	1 600

Tableau 19
EXEMPLE: Utilisation du tableau 17 (séries 3-3-3)

Dilution	Nombre d'éprouvettes présentant une réaction positive	Indice NPP/100 g	NPP de coliformes totaux par g
1:100	3-2-0	93	93
1:10	2-2-1	28	2,8
Aucune	3-3-1	460	4,6

Équation:

$$\text{Coliformes totaux NPP/g} = \frac{\text{Nombre de micro-organismes (tableaux)} \times \text{facteur de dilution}}{100}$$

III- Dénombrement des coliformes totaux dans le fromage («Violet Red Bile Agar») Gélose biliée au rouge violet

Après dilution de l'échantillon, l'analyse des bactéries coliformes peut aussi se faire par dénombrement des colonies ensemencées sur un milieu solide: le «violet red bile agar». Cette méthode a l'avantage d'utiliser seulement le matériel de base en microbiologie contrairement à la méthode précédente.

IV- Recherche des staphylocoques coagulase-positifs

1) Domaine d'application

Fromage et fromage cottage.

2) Principe de la méthode

Cette méthode consiste à procéder à un enrichissement sélectif d'une quantité déterminée de fromage dans un milieu liquide spécifique afin de réactiver les germes. Une anse à inoculer du bouillon est ensuite repiquée sur un milieu solide d'identification où des solides caractéristiques seront isolés (voir la photo 34). La production de coagulase est ensuite recherchée sur ces colonies.

3) Équipement et matériel

Voir: «Préparation des échantillons: homogénats et dilutions.»

a) Plats de Pétri stériles 100 × 15 mm.
b) Anse à inoculer pour repiquage.
c) Incubateurs maintenus à 37 ± 2°C et à 55 ± 2°C.
d) Tubes avec bouchon de 15 × 150 mm et 10 × 100 mm.
e) Seringue de 2 ml.

f) Erlenmeyers de 500 ml.
g) Pompe: pipetteuse automatique («Automatic pipetting Brewer machine»).

4) Solutions et milieux de culture

a) Solution:

— Eau distillée stérile
— Citrate de sodium 2%
— Solution aqueuse de tampon phosphate et de sulfate de magnésium.

Voir: «Préparation des échantillons: homogénats et dilutions».

b) Milieux de culture

— Bouillon trypsique de soya (Trypticase Soy Broth)
— Chlorure de sodium
— Gélose Baird Parker de Difco #0768-01-1 (Baird Parker Agar Base Difco #0768-01-1)
— Le milieu d'enrichissement au tellurite EY de Difco #0779-72 (EY Tellurite Enrichment Difco #0779-72)
— Infusion de coeur et de cerveau (B.H.I.) (Brain Heart Infusion (B.H.I.))
— Le plasma pour déterminer la coagulase en présence d'EDTA de Difco #803-86 (Coagulase Plasma EDTA Difco #803-86)

5) Mode opératoire

a) Préparation des différents milieux

Tous les milieux sont préparés suivant les instructions du fabricant.

— Bouillon trypsique de soja 7,5% NaCl: après avoir préparé 1 litre de milieu, ajouter 70 g de NaCl. Chauffer légèrement pour dissoudre, distribuer dans des tubes (15 × 150 mm) à raison de 10 ml par tube et stériliser 15 minutes à 1,05 kg/cm^2 (15 lb/po^2).

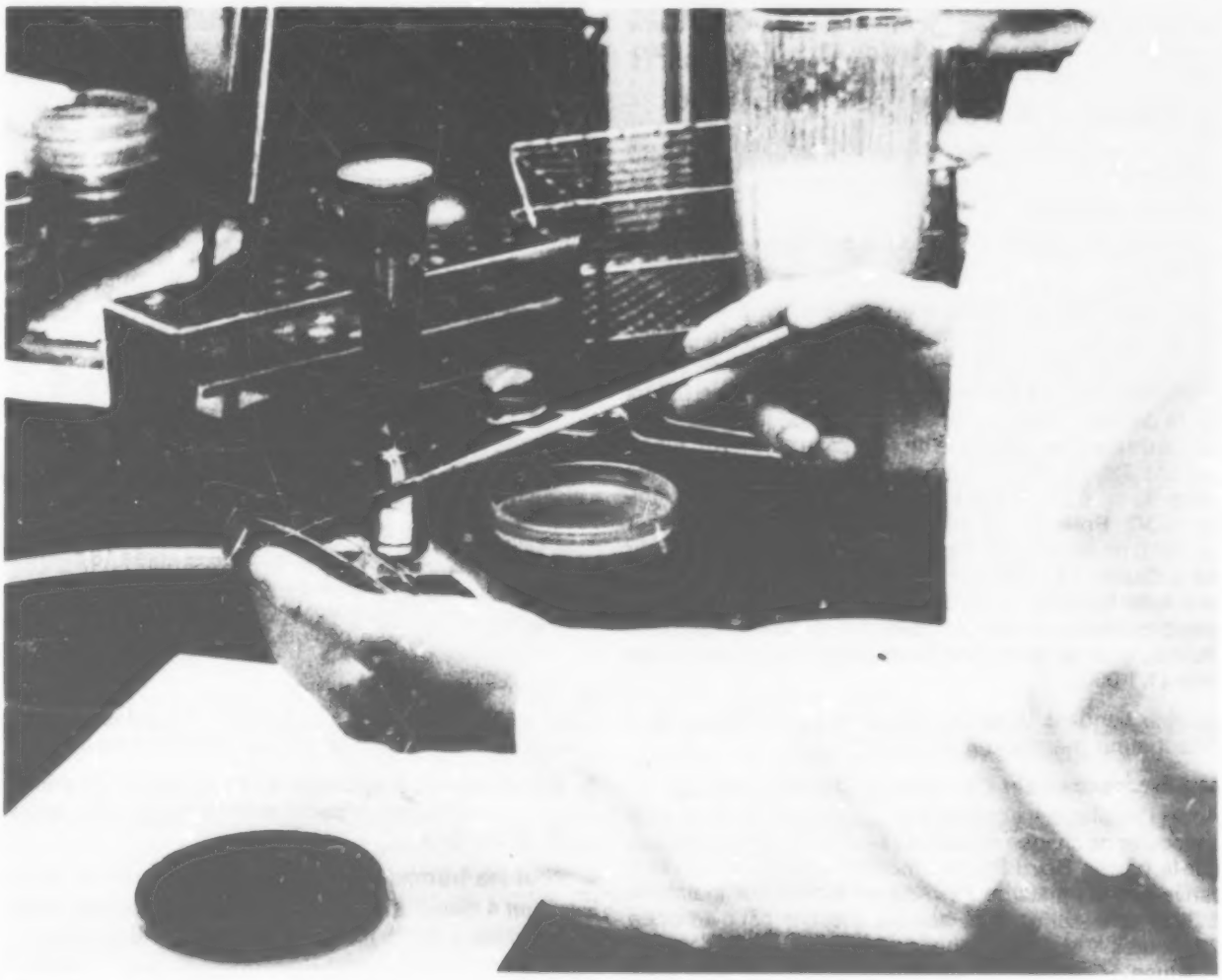


Photo 34 — **Ensemencement sur plat de Pétri**

Gélose Baird Parker: préparer 2 000 ml de milieu dans deux erlenmeyers de 1 000 ml chacun et stériliser 15 minutes à 1,05 kg/cm^2 (15 lb/po^2). Après la stérilisation, laisser refroidir (50°C) puis ajouter de façon stérile dans chaque erlenmeyer, une demi-bouteille (50 ml) du milieu d'enrichissement au tellurite EY de Difco (préalablement chauffé à 50°C). Faire couler le liquide sur les parois de l'erlenmyer afin d'éviter la formation de mousse. Mélanger délicatement et distribuer le milieu dans des plats de Pétri stériles à raison de 15-17 ml par plat. Laisser solidifier et faire sécher en position renversée de la façon suivante:

— pour une courte conservation (moins de 5 jours), faire sécher les plats de Pétri pendant 2 heures dans un incubateur maintenu à 55°C.
— pour une longue conservation (plus de 5 jours), faire sécher les plats de Pétri à la température de la pièce pendant au moins 2 heures.

Infusion de coeur et de cerveau: après la préparation du milieu, chauffer légèrement et distribuer à l'aide d'une seringue 0.5 ml dans des tubes de 10 × 100 mm. Stériliser 15 minutes à 1,05 kg/cm^2 (15 lb/po^2).

b) Préparation de l'échantillon

Voir: «Préparation des échantillons: homogénats et dilutions».

c) Détermination

Procéder de la même façon pour le fromage et le fromage cottage.

— Inoculation du milieu d'enrichissement sélectif

Après homogénéisation du produit, effectuer 3 autres dilutions en utilisant 3 tubes de bouillon trypsique de soja à 7,5% NaCl par échantillon. Pour ce faire, pipetter, 0,5 ml de la dilution 1:5 et le déposer dans un tube contenant 10 ml de bouillon trypsique de soja sans sel (1:10). Pipetter ensuite 10 ml de la même dilution 1:5 déposez-les dans 90 ml d'une solution de tampon phosphate et agiter (1:50). Prélever 0,5 ml de cette dilution et la déposer dans 10 ml de bouillon trypsique de soja (1:100). À partir de la dilution 1:50, pipetter encore 10 ml, les déposer dans une autre bouteille contenant 90 ml d'une solution de tampon phosphate et agiter. Prélever 0,5 ml de cette dernière dilution et la déposer dans 10 ml de bouillon trypsique de soja (1:1 000).

Incuber pendant 48 heures les tubes de trypticase dans l'incubateur maintenu à 37° ± 2°C.

— Ensemencement du milieu d'identification

Après l'incubation, ensemencer par épuisement une anse à inoculer de chaque dilution du bouillon trypsique de soja sur la gélose Baird Parker. Incuber ensuite en position renversée les plats de Pétri dans l'incubateur maintenu à 37 ± 2°C pendant 24 heures. Incuber pour un autre 24 heures les plaques ne contenant pas de colonies typiques.

— Test pour la production de coagulase

Sélectionner les colonies typiques isolées sur Baird Parker et effectuer le test de coagulase sur ces colonies. Pour ce faire, repiquer chaque colonie dans des tubes contenant 0,5 ml de bouillon B.H.I. Incuber pendant 18 à 24 heures à 37 ± 2°C.

Après l'incubation, ajouter 0,5 ml de plasma pour la coagulase et agiter. Incuber à nouveau à 37°C ± 2°C de 3 à 18 heures.

d) Interprétation des résultats:

Après l'incubation appropriée des milieux, rechercher:

1) Sur Baird parker:

— Après 24 heures d'incubation

— *Staphylococcus aureus:* colonie noire, convexe et luisante avec ou sans une étroite marge blanche et entourée d'une zone claire de 2 à 3 mm de largeur.

— *Staphylococcus épidermidis* et autres staphylocoques: colonie noire aux contours irréguliers entourée d'une large zone opaque à l'intérieur d'une zone claire.

— Après 48 heures d'incubation

— *Staphylococcus aureus:* colonie noire, convexe, luisante avec une large zone opaque à l'intérieur de la zone claire.

REMARQUE: Quelques souches de *Staphylococcus auréus* montrent un éclaircissement seulement après 36 heures d'incubation (5% à 7%).

2) Sur B.H.I.: après l'addition de la coagulase, observer la coagulation ou non du milieu après 3 heures d'incubation et après 18 heures. Lorsque la coagulation se produit, c'est qu'il y a présence de staphylocoques coagulase positifs.

e) Expression des résultats

Estimer le nombre de staphylocoques coagulase-positifs à partir de la plus haute dilution qui s'est révélée positive.

f) Modifications à apporter à l'inoculation du milieu d'enrichissement sélectif selon les différents types de fromages

— Pour les fromages en grains, en saumure et râpés

Effectuer 4 dilutions en utilisant 4 tubes de bouillon trypsique de soja à 7,5% NaCl (1:10 à 1:10 000).

— Pour les fromages fins

Utiliser 1 tube de trypticase 7,5 % NaCl auquel on ajoute 1,0 ml de l'homogénat. Dans ce cas pour l'expression des résultats on note seulement si le test est négatif ou positif.

REMARQUE: Dans le cas des fromages cheddar il n'y a aucune modification à la méthode.

V- Numération totale des levures et moisissures

1) Domaine d'application

Échantillons liquides: jus
Échantillons semi-solides: lait de culture, crème sure, caillé, yogourt et cottage.
Échantillons solides: beurre et poudre de lait.

2) Principe de la méthode

Cette méthode consiste à ajouter une quantité déterminée d'un échantillon à un milieu gélosé spécifique. Cette gélose est acidifiée pour prévenir la croissance des bactéries. Ce milieu est incubé sous des conditions spécifiques de temps et de température. Les levures et moisissures étant acido-résistantes se développeront en des colonies visibles et pourront alors être comptées.

3) Équipement et matériel

Voir: «Préparation des échantillons: homogénats et dilutions». (Tableau 16)
«Numération totale des bactéries aérobies mésophiles».

4) Solutions et milieux de culture

a) Diluants

Voir: «Préparation des échantillons: homogénats et dilutions». (Tableau 16)

b) Milieux de culture

Gélose de pomme de terre et de dextrose de Difco #0013 (pH 3,5) (Potato Dextrose Agar Difco #0013 (pH 3,5))
Gélose au rose de Bengal de Cooke de Difco #0703 (pH 6,0) (Cooke Rose Bengal Agar Difco #0703 (pH 6,0))

c) Réactifs

Acide tartarique 10%: dissoudre 10 g d'acide tartarique dans 100 ml d'eau distillée et stériliser 15 min à 1,05 kg/cm^2 (15 lb/po^2).

Solution d'auréomycine: dissoudre 4,54 g de poudre d'auréomycine (5,5% de chlortétracyline) dans 100 ml d'eau distillée stérile.

Cette solution peut se conserver au réfrigérateur pendant 3 mois.

Alcool éthylique 95%.

5) Mode opératoire

Toujours préparer des plats de Pétri témoins pour vérifier la stérilité de la gélose, du diluant et du milieu environnant. Les plats de Pétri doivent être bien identifiés.

a) Préparation de l'échantillon

Voir: «Préparation des échantillons: homogénats et dilutions». (Tableau 16)

b) Préparation des dilutions et ensemencement des plats de Pétri

Pour la quantité d'échantillons à prélever et le diluant à utiliser, se référer à la méthode «Préparation des échantillons: homogénats et dilutions», tableau 16: homogénéisation et dilutions.

1) Échantillons liquides

— Pour les jus: pipetter 1,1 ml directement du contenant, déposer 0,1 ml dans un plat de Pétri (1:10) et 1 ml dans un deuxième plat de Pétri.

2) Échantillons semi-solides

— Pour le lait de culture, la crème sure et le caillé

Préparer à l'aide du tableau 16, une dilution 1:5. Pipetter ensuite 5 ml de cette dilution, déposer 2,5 ml dans un plat de Pétri et 2,5 dans l'autre plat.

— Pour le cottage

Préparer à l'aide du tableau 16, une dilution 1:5. Pipetter 5 ml de cette dilution et déposer dans des tubes contenant 5 ml d'une solution aqueuse de tampon phosphate et de sulfate de magnésium. Agiter et pipetter 1,1 ml de cette dernière dilution, déposer 0,1 ml dans un plat de Pétri (1:100) et 1 ml dans un deuxième plat de Pétri (1:10).

— Pour le yogourt

Préparer à partir du tableau 16 une dilution 1:2. Pipetter 2 ml de cette dilution et déposer 1 ml dans chacun des plats de Pétri.

3) Échantillons solides

— Pour le beurre

Préparer une dilution 1:5 et procéder de la même façon que pour les échantillons semi-solides. (crème sure).

— Pour la poudre de lait

Préparer une dilution 1:10 et procéder de la même façon que pour les produits semi-solides. (crème sure).

c) Répartition de la gélose

Voir méthode «Numération totale des bactéries aérobies mésophiles».

Pour tous les produits, utiliser la gélose au rose de Bengal de Cooke stérile à laquelle on a ajouté au préalable une solution d'auréomycine à raison de 1,4 ml d'auréomycine pour 100 ml de gélose.

La gélose de pomme de terre et de dextrose stérile que l'on a acidifiée au préalable avec une solution d'acide tartarique 10% à raison de 2 ml d'acide pour 250 ml de gélose (0,83 ml/100 ml) peut aussi être utilisée.

d) Incubation des plats de Pétri

Tous les plats de Pétri doivent être incubés à 20°C pendant 5 jours en position inversée.

6) Interprétation des témoins

Voir méthode «Numération totale des bactéries aérobies mésophiles».

7) Expression des résultats

Voir méthode «Numération totale des bactéries aérobies mésophiles». (page suivante).

VI- Dosage des matières grasses du fromage (Méthode Roese-Gottlieb adaptation Mojonnier)

1) Domaine d'application

Cette méthode s'applique à la détermination de la teneur en matières grasses des fromages à pâte demi-ferme et ferme et des fromages à pâte molle, cottages, fromages à la crème et fromages fondus.

2) Principe de la méthode

Extraction des matières grasses d'une solution ammoniaco-éthanolique d'un échantillon par l'éther éthylique et l'éther de pétrole, évaporation des solvants et pesée du résidu.

3) Matériel

Appareil Mojonnier et accessoires pour la détermination des matières grasses dans les produits laitiers.

— Réglage de l'appareil Mojonnier:
Température de la plaque chauffante: 135°C.
Température de l'étuve à vide: 135°C.
Pression maximale dans l'étuve: 33,4 kPa (10 po Hg).

— Tubes à extraction Mojonnier dont la partie supérieure a un volume de 104,5 ml et la chambre inférieure de 21,5 ml.

— Balance avec lecture directe 0,1 mg.

— Bain d'eau bouillante.

— Thermomètre gradué de 0 à 110°C.

— Bouchons de liège N° 6 s'adaptant aux tubes à extraction. Avant usage, ces bouchons doivent être traités par extractions successives à l'éther éthylique et l'éther de pétrole. Les maintenir ensuite, pendant au moins 20 minutes, dans l'eau à 60°C minimum et les refroidir dans l'eau afin qu'ils soient complètement imprégnés au moment de l'emploi.

— Capsules d'aluminium de 85 mm de diamètre et 50 mm de hauteur. Avant usage, ces récipients doivent être placés dans le four à vide pendant 5 minutes à 135°C, refroidis au dessiccateur pendant 7 minutes et pesés (C_1). (Voir expression des résultats).

— Hachoir.

— Mélangeur électrique genre «Waring Blendor».

— Capsules à peser en aluminium.

— Matériel courant de laboratoire.

4) Réactifs

Tous les réactifs doivent être de qualité analytique et ne pas donner de résidu supérieur à celui autorisé par l'essai à blanc.

— Hydroxyde d'ammonium 26° Baumé.
— Alcool éthylique 95%.
— Éther éthylique exempt de peroxydes.
— Éther de pétrole 30-60°C.

5) Mode opératoire

a) Préparation de l'échantillon

— Fromages à pâte demi-ferme et ferme:
Couper le fromage en pointes et les passer à trois reprises dans un hachoir. Un échantillon homogène peut également être obtenu en triturant les pointes de fromage avec soin.

— Fromages à pâte molle, cottages, fromages à la crème et fromages fondus:
Placer de 300 à 600 g de l'échantillon maintenu à une température < 15°C dans un récipient d'une capacité de 1 litre pour mélangeur électrique. Malaxer pendant 2 à 5 minutes afin d'obtenir un mélange homogène. La température finale du mélange ne doit pas dépasser 25°C.

Un mélange homogène peut également être obtenu en triturant l'échantillon avec soin.

b) Essai à blanc

En même temps que la détermination des matières grasses de l'échantillon, effectuer un essai à blanc en remplaçant le fromage par 10 ml d'eau distillée. Si le poids du résidu obtenu lors de cet essai est supérieur à 0,5 mg, les réactifs doivent être vérifiés et le ou les réactifs non purs doivent être purifiés ou remplacés.

c) Détermination

Placer environ 1 g de l'échantillon dans une capsule à peser en aluminium et peser celui-ci et son contenu avec une précision de $\pm 0{,}05$ mg (L_2). Transférer le prélèvement dans un tube à extraction Mojonnier et peser le bateau de nouveau (L_1). La quantité exacte de la prise d'essai est déterminée par la différence entre ces deux poids.

Ajouter environ 8 ml d'eau chaude et chauffer le tube dans un bain d'eau bouillante, en agitant légèrement, jusqu'à dispersion complète du fromage. Additionner 3,0 ml d'hydroxyde d'ammonium, mélanger et refroidir le tube avec l'eau du robinet. Ajouter 10 ml d'alcool éthylique et agiter de nouveau pendant environ 60 secondes. Introduire ensuite 25 ml d'éther éthylique, fermer le tube à l'aide du bouchon approprié et agiter pendant 20 secondes. Centrifuger à environ 600 tours/minute pour 30 secondes. Décanter la phase éthérée dans une capsule d'aluminium préalablement conditionnée et pesée à ±0,05 mg et évaporer sur la plaque chauffante réglée à 135°C.

Répéter l'extraction de la phase aqueuse en utilisant cette fois-ci 5 ml d'alcool éthylique, 25 ml d'éther éthylique et 25 ml d'éther de pétrole. Agiter 20 secondes après l'addition de chacun de ces réactifs. Centrifuger et récupérer la phase éthérée en la joignant au résidu de la première extraction. Si la ligne de séparation entre les phases aqueuse et organique se situe dans la chambre inférieure du tube, ajouter de l'eau distillée jusqu'à ce que le niveau de la phase aqueuse atteigne le centre de l'étranglement séparant les 2 chambres du tube à extraction avant de décanter. Évaporer jusqu'à disparition complète de l'éther. Finalement, placer la capsule pendant 5 minutes dans l'étuve à vide, refroidir au dessiccateur pendant 7 minutes et peser (C_2).

6) Expression des résultats

Le pourcentage de matières grasses est calculé de la façon suivante:

$$\% \text{ de matières grasses} = \frac{C_2 - C_1}{L_2 - L_1} \times 100$$

où C_1: Poids de la capsule conditionnée
C_2: Poids de la capsule et des matières grasses
L_1: Poids du bateau à peser vidé du prélèvement
L_2: Poids du bateau et du prélèvement

L'écart entre les résultats obtenus pour un même échantillon à la suite de deux déterminations successives ou simultanées ne devrait pas excéder 0,2% de matières grasses.

VII- Détermination de la teneur en eau du fromage par la méthode de séchage sous vide

1) Domaine d'application

Cette méthode s'applique à la détermination de la teneur en eau des fromages à pâte demi-ferme et ferme et des fromages à pâte molle, cottages, fromages à la crème et fromages fondus.

2) Principe de la méthode

La méthode consiste à chasser l'humidité d'un échantillon en le chauffant de manière à ne pas modifier la structure de ses composants organiques. Le résidu est alors pesé et la teneur en eau, exprimée en %, est établie à partir du poids initial.

3) Matériel

Étuve thermostatée reliée à une pompe à vide et dont l'entrée d'air est jointe à un flacon d'absorption rempli de dessiccatif:

Température de l'étuve: 100 ± 2°C.
Pression maximale dans l'étuve: 13,3 kPa (100 mm Hg).

Balance avec lecture directe 0,1 mg.
Dessiccateur contenant un dessiccatif efficace.
Capsules d'aluminium de 5 cm de diamètre avec couvercles.
Thermomètre gradué de 0°C à 11°C.
Hachoir.
Bain de vapeur.
Mélangeur électrique genre «Waring Blendor».
Matériel courant de laboratoire.

4) Mode opératoire

a) Préparation de l'échantillon

— Fromages à pâte demi-ferme et ferme

Couper le fromage en pointes et les passer à trois reprises dans un hachoir. Un échantillon homogène peut également être obtenu en triturant les pointes de fromage avec soin.

— Fromages à pâte molle, cottages, fromages à la crème et fromages fondus:

Placer de 300 à 600 g de l'échantillon maintenu à une température < 15°C dans un récipient d'une capacité de 1 litre pour mélangeur électrique. Malaxer pendant 2 à 5 minutes afin d'obtenir un mélange homogène. La température finale du mélange ne doit pas dépasser 25°C.

Un mélange homogène peut également être obtenu en triturant l'échantillon avec soin.

b) Détermination

— Fromages à pâte demi-ferme et ferme

Peser avec précision de 2 à 3 g de l'échantillon dans une capsule d'aluminium, à fond plat, préalablement tarée avec son couvercle. Placer le couvercle de façon à ne pas obstruer complètement l'ouverture de la capsule et la déposer ensuite dans l'étuve. Sécher jusqu'à poids constant, soit environ 4 heures, dans les conditions préétablies. Au cours de l'opération, laisser pénétrer un léger courant d'air sec. Lorsque le séchage est terminé, fermer la pompe à vide et laisser pénétrer lentement de l'air sec dans l'étuve. Presser le couvercle sur la capsule, refroidir au dessiccateur, peser rapidement et exprimer la teneur en eau en pourcentage.

— Fromages à pâte molle, cottages, fromages à la crème et fromages fondus:

Peser avec précision de 1 à 2 g de l'échantillon dans une capsule d'aluminium, à fond plat, préalablement tarée avec son couvercle. Déposer la capsule sur un bain de vapeur pendant environ 30 minutes. Placer le couvercle de façon à ne pas obstruer complètement l'ouverture de la capsule et porter ensuite à l'étuve. Suivre le protocole décrit pour les fromages à pâte demi-ferme et ferme.

5) Expression des résultats

Le calcul de la teneur en eau est établi à partir du poids initial.

$$\text{Teneur en eau exprimée en \%} = 100 - \left[\frac{P_2 - C}{P_1 - C} \times 100\right]$$

où C: Poids de la capsule vide et de son couvercle
P_1: Poids de la capsule, du couvercle et de la prise d'essai
P_2: Poids de la capsule, du couvercle et du résidu après séchage.

VIII- Humidité par la méthode du four à micro-ondes

Les analyses d'humidité et de solides totaux peuvent aussi se faire en chauffant l'échantillon au four à micro-ondes. Cette méthode réduit considérablement le temps d'analyse puisque le chauffage de l'échantillon ne dure que de 2 à 3 minutes pour le fromage comparativement à 4 heures pour la méthode de l'étuve.

La méthode a aussi l'avantage d'occasionner moins de pertes à cause de substances dénaturées et/ou entraînées avec l'eau lors du long chauffage.

IX- Composition du fromage par la méthode infra-rouge

Un appareil de dosage automatique des matières grasses, des solides non gras et de l'humidité se sert du principe de la réflectance des rayons infra-rouges sur les composantes du lait pour donner des résultats rapides et hautement répétitifs étant donné le peu de manipulations nécessaires.

La précision de cette méthode est toujours fonction de la méthode utilisée pour calibrer l'appareil. Théoriquement, l'appareil peut donner des résultats répétitifs à ±0,01%.

Cette méthode demandant peu de manipulations peut être utilisée en routine avec un minimum de formation des opérateurs. L'appareil doit par contre être calibré régulièrement et les résultats ne peuvent être considérés aussi valables que ceux de la méthode de référence.

X- Détermination de l'acidité à l'aide du potentiomètre (pH)

1) Matériel

Potentiomètre (pHmètre)
Électrode spéciale à fromage

2) Procédure

Ajuster le potentiomètre avec la solution tampon.
Plonger l'électrode dans l'échantillon.
Faire la lecture directement en unités pH.

XI- Détermination du sel – Méthode de routine.

1) Matériel

Balance
Erlenmeyers de 250 ml
Pipettes de 5, 15 et 20 ml
Burette de 25 ml
Plaque chauffante
Cylindre gradué de 15 ml
Nitrate d'argent 1/10 N (A_gNO_3)
Acide nitrique pur (HNO_3)
Permanganate de potassium ($KMnO_4$)
Sulfate d'ammonium ferrique (indicateur)
Thiocyanate de potassium 1/10 N (KCNS)

2) Procédure

Peser 2 g d'échantillon dans un erlenmeyer de 250 ml.
Ajouter 20 ml d'eau chaude.

À l'aide de la burette, ajouter 15 ml de la solution A_gNO_3.

Compléter à 125 ml avec de l'eau chaude.

Ajouter 15 ml de HNO_3 pur et faire chauffer immédiatement.

Amener à ébullition et faire diminuer le volume à 125 ml ou jusqu'à ce que la solution soit jaune clair.

Ajouter 15 ml de $KMnO_4$ par addition successive de 5 ml et attendre la décoloration entre chaque addition.

Après décoloration complète (jaune clair) faire refroidir la solution et ajouter 2 ml d'indicateur.

Titrer avec KCNS (1/10 N) jusqu'à coloration orange. Lire la quantité de nitrate d'argent employée. Chaque 0,10 ml correspond à 1% de sel.

XII- Méthode officielle de la détermination de la teneur en chlorures dans le fromage

1- Domaine d'application

Cette méthode s'applique à la détermination de la teneur en chlorures, exprimée en pourcentage de NaCl, dans les

fromages à pâte demi-ferme et ferme et dans les fromages à pâte molle, cottages, fromages à la crème et fromages fondus contenant au moins 0,5% de chlorures.

2- Principe de la méthode

Digestion de la matière organique du fromage par le permanganate de potassium et l'acide nitrique. Titration des chlorures avec une solution étalon de nitrate d'argent en utilisant le sulfate d'ammonium ferrique comme indicateur. La quantité de NaCl, exprimée en % et calculée par raport à la teneur en chlorures, est établie à partir du poids initial.

3- Matériel

— Balance avec lecture directe 1,0 mg.
— Burette graduée de 0 à 50 ± 0,05 ml.
— Hachoir.
— Plaque chauffante.
— Mélangeur électrique genre «Waring Blendor».
— Matériel courant de laboratoire.

4- Réactifs

Tous les réactifs doivent être de qualité analytique. Les préparations et les dilutions doivent être effectuées avec de l'eau distillée exempte d'halogènes.

Solution de nitrate d'argent:

Utiliser la solution de nitrate d'argent ($AgNO_3$) titrée précisément à environ 0,1N (N_2) suivant la méthode décrite à *l'annexe A*.

Solution de thiocyanate de potassium:

Utiliser la solution de thiocyanate de potassium (KSCN) titrée précisément à environ 0,1N (N_1) suivant la méthode décrite à *l'annexe A*.

Solution de sulfate d'ammonium ferrique:

Préparer une solution aqueuse saturée de sulfate d'ammonium ferrique ($FeNH_4(SO_4)_2 . 12H_2O$).

Solution de permanganate de potassium:

Préparer une solution aqueuse saturée de permanganate de potassium ($KMnO_4$).

Acide nitrique concentré de densité 1,40-1,42 à 20°C.

Acide oxalique ou glucose.

Eau distillée exempte d'halogènes:

L'addition de 1 ml de la solution de nitrate d'argent ($AgNo_3$) 0,1N et de 5 ml d'acide nitrique (1 + 4) à 100 ml d'eau distillée ne doit produire plus qu'une légère opalescence.

5- Mode opératoire

a) Préparation de l'échantillon

— Fromages à pâte demi-ferme et ferme:

Couper le fromage en pointes et le passer à trois reprises dans un hachoir. Un échantillon homogène peut également être obtenu en triturant les pointes de fromage avec soin.

— Fromages à pâte molle, cottages, fromages à la crème et fromages fondus:

Placer 300 à 600 g de l'échantillon maintenu à une température inférieure à 15°C dans un récipient d'une capacité de 1 litre pour mélangeur électrique. Malaxer pendant 2 à 5 minutes afin d'obtenir un mélange homogène. La température finale du mélange ne doit pas dépasser 25°C.

Un mélange homogène peut également être obtenu en triturant l'échantillon avec soin.

b) Essai à blanc

En même temps que la détermination de la teneur en chlorures de l'échantillon, effectuer un essai à blanc en remplaçant le fromage par 2 ml d'eau distillée. Noter le volume de la solution de thiocyanate de potassium (V_1) requis pour la titration.

c) Détermination

Peser avec précision environ 2 ± 0,0005 g de l'échantillon (M) dans une fiole erlenmeyer de 300 ml. A l'aide d'une pipette volumétrique, ajouter précisément 25 ml de la solution de nitrate d'argent 0,1N. Additionner ensuite 25 ml d'acide nitrique et bien mélanger.

Placer la fiole sur une plaque chauffante et porter à ébullition. Ajouter 10 ml de la solution de permanganate de potassium tout en maintenant une ébullition douce. Si le mélange réactionnel se décolore, ajouter de nouveau 5 à 10 ml de la même solution. La présence d'un excès de permanganate, indiquée par une couleur brune, signifie que la digestion de la matière organique est complète. Éliminer le permanganate résiduel par l'addition d'une petite quantité d'acide oxalique ou de glucose.

Ajouter 100 ml d'eau distillée exempte d'halogènes et 2 ml de la solution de sulfate d'ammonium ferrique. Mélanger soigneusement. Titrer immédiatement l'excès de nitrate d'argent avec la solution de thiocyanate de potassium jusqu'à l'obtention d'une coloration rouge-brun persistante pendant au moins 30 secondes. Noter le volume de la solution de thiocyanate de potassium (V_2) requis pour la titration.

6- Expression des résultats

Le pourcentage de NaCl calculé par rapport à la teneur en chlorures est établi à partir du poids initial:

$$\% \text{ de NaCl} = \frac{(V_1 - V_2) \times N_1 \times 5{,}85}{M}$$

où V_1: Volume, en ml, de la solution de thiocyanate de potassium requis pour la titration de l'essai à blanc.

V_2: Volume, en ml, de la solution de thiocyanate de potassium requis pour la titration de la prise d'essai.

N_1: Normalité calculée de la solution de thiocyanate de potassium.

M: Poids, en g, de la prise d'essai.

L'écart entre les résultats obtenus pour un même échantillon par suite à deux déterminations successives ou simultanées ne devrait pas excéder 0,07% de NaCl.

Annexe A: Standardisation des solutions de nitrate d'argent et de thiocyanate de potassium

a) Réactifs

Tous les réactifs doivent être de qualité analytique. Les préparations et les dilutions doivent être effectuées avec de l'eau distillée exempte d'halogènes.

— Solution de nitrate d'argent:

Peser précisément 4,247 g de nitrate d'argent ($AgNO_3$). Transférer dans une fiole jaugée de 250 ml avec de l'eau distillée exempte d'halogènes. Dissoudre et compléter le volume.

— Solution de chromate de potassium:

Dissoudre 5 g de chromate de potassium (K_2CrO_4) dans de l'eau distillée exempte d'halogènes et compléter le volume à 100 ml.

— Solution de thiocyanate de potassium:

Peser précisément 2,429 g de thiocyanate de potassium (KSCN). Transférer dans une fiole jaugée de 250 ml avec de l'eau distillée exempte d'halogènes. Dissoudre et compléter le volume.

— Chlorure de potassium (KCL) préalablement séché dans une étuve à 105°C pendant 2 heures et conservé au dessiccateur.

— Solution de sulfate d'ammonium ferrique:

Préparer une solution aqueuse saturée de sulfate d'ammonium ferrique ($FeNH_4(SO_4)_2.12H_2O$).

— Acide nitrique concentré de densité 1,40 à 1,42 à 20°C.

— Eau distillée exempte d'halogènes

L'addition de 1 ml de la solution de nitrate d'argent ($AgNO_3$) 0,1N et de 5 ml d'acide nitrique (1 + 4) à 100 ml d'eau distillée ne doit pas produire plus qu'une lègère opalescence.

b) Mode opératoire

1) Standardisation de la solution de nitrate d'argent

— ESSAI À BLANC

Transférer précisément 75 ml d'eau distillée exempte d'halogènes dans une fiole erlenmeyer de 250 ml. Ajouter 1 ml de la solution de chromate de potassium et titrer avec la solution de nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'une coloration rouge-brun persistante pendant au moins 30 secondes. Noter le volume de la solution de nitrate d'argent (V_3) requis pour la titration.

— DÉTERMINATION

Peser précisément environ 0,3 ± 0,0005 g (P) de chlorure de potassium et transférer dans une fiole erlenmeyer de 250 ml avec 40 ml d'eau distillée exempte d'halogènes. Ajouter 1 ml de la solution de chromate de potassium et titrer avec la solution de nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'une coloration rouge-brun persistante pendant au moins 30 secondes. Noter le volume de la solution de nitrate d'argent (V_4) requis pour la titration. Calculer, à la quatrième décimale près, la normalité (N_2) de la solution de nitrate d'argent à l'aide de la formule suivante:

$$N_2 = \frac{P \times 1\,000}{(V_4 - V_3) \times 74{,}555}$$

où P: Poids du chlorure de potassium

V_3: Volume, en ml, de la solution de $AgNO_3$ requis pour la titration de l'essai à blanc.

V_4: Volume, en ml, de la solution de $AgNO_3$ requis pour la titration de la solution de chlorure de potassium.

2) Standardisation de la solution de thiocyanate de potassium

— DÉTERMINATION

Transférer précisément 40 ml (V_6) de la solution de nitrate d'argent, dont la normalité a été déterminée avec précision (N_2), dans une fiole erlenmeyer de 250 ml. Ajouter 2 ml de la solution de sulfate d'ammonium ferrique et 5 ml d'acide nitrique (1 + 1). Titrer immédiatement avec la solution de thiocyanate de potassium jusqu'à l'obtention d'une coloration rose pâle persistante pendant au moins 30 secondes. Noter le volume de la solution de thiocyanate de potassium (V_5) requis pour la titration. Calculer, à la quatrième décimale près, la normalité (N_1)

de la solution de thiocyanate de potassium à l'aide de la formule suivante:

$$N_1 = \frac{N_2 \times V_6}{V_5}$$

où N_2: Normalité calculée de la solution de $AgNO_3$.

V_5: Volume, en ml, de la solution de thiocyanate de potassium requis pour la titration.

V_6: Volume, en ml, de la solution de nitrate d'argent.

XIII- Détermination du sel par électrode à NaCl

Présentement, des essais sont faits par différents laboratoires dans le but d'utiliser une électrode à NaCl pour en déterminer la teneur dans le fromage. Cette technique a l'avantage de demander peu de formation pour le manipulateur de l'appareil et elle est hautement répétitive à cause du peu de manipulations nécessaires. Le désavantage de cette méthode réside dans le fait que les résultats obtenus ne peuvent être considérés comme officiels.

XIV- Épreuve de la phosphatase alcaline dans le fromage

1- Domaine d'application

Cette méthode s'applique à la détermination de l'activité phosphatasique dans le fromage autre que celui fabriqué à partir de lait non pasteurisé décrit dans le «Règlement relatif à la pasteurisation des produits laitiers» et la «Loi sur les produits laitiers et leurs succédanés (L.R.Q., C.P.-30, A. 42)».

2- Principe de la méthode

La phosphatase est un enzyme thermolabile présent dans tout lait cru. La phosphatase alcaline a une résistance thermique plus grande que celle des pathogènes aux conditions de temps et de température utilisées pour la pasteurisation. La présence d'activité phosphatasique résiduelle est une indication d'une mauvaise pasteurisation ou d'une recontamination par du lait cru.

L'épreuve consiste à incuber le produit dont on veut vérifier la pasteurisation en présence d'un substrat, le phénylphosphate disodique. Si la pasteurisation n'a pas été effectuée correctement, l'enzyme non inactivé attaque le substrat et libère du phénol. La présence de phénol est vérifiée en additionnant un réactif, le N,2,6-trichloro-p-benzoquinoneimine (CQC), qui forme un complexe coloré bleu avec celui-ci.

3- Matériel

— Éprouvettes de 16 x 150 mm en verre au borosilicate.
— Pipettes graduées ou volumétriques de 1,0 ± 0,01 ml.
— Pipettes graduées ou volumétriques de 2,0 ml, 5,0 ml, 10,0 ml ou pipettes automatiques pouvant distribuer les mêmes volumes.
— Bains d'eau maintenus à des températures de 37°C et 90 ± 1°C.
— Balance avec lecture directe 0,01 g.
— Entonnoirs à tige courte et papiers filtre Whatman #42 de 11 cm de diamètre.
— Bouteille compte-gouttes ambrée de 50 ml dont le compte-gouttes peut déverser 1 ml de la solution de CQC en 50 gouttes.
— Thermomètre gradué de 0°C à 110°C.
— Spectrophotomètre ou colorimètre et accessoires.
— Matériel courant de laboratoire.

4- Réactifs

Tous les réactifs doivent être de qualité analytique.

a) Substrat tamponné au carbonate

Dissoudre 11,5 g de carbonate de sodium anhydre (Na_2CO_3), 10,2 g de bicarbonate de sodium anhydre ($NaHCO_3$) et 1,1 g de phénylphosphate disodique ($C_6H_5Na_2PO_4$) exempt de phénol dans de l'eau distillée et compléter le volume à 1 litre. Conserver cette solution au froid. Vérifier la présence de phénol en ajoutant 2 gouttes de la solution de CQC à 10 ml de la solution tamponnée au carbonate. Laisser réagir à la température de la pièce pendant 5 minutes. Une solution fraîche doit être préparée si une coloration se développe.

b) Solution de précipitation

Dissoudre 25 g de cristaux d'acide trichloroacétique (Cl_3COOH) dans 50 ml d'eau distillée. Ajouter 50 ml d'acide chlorhydrique concentré (HCl à environ 36%) et agiter vigoureusement.

c) Solution de carbonate de sodium 8%

Dissoudre 80 g de carbonate de sodium anhydre (Na_2CO_3) dans de l'eau distillée et compléter le volume à 1 litre.

d) Solution de sulfate de cuivre — hexamétaphosphate de sodium

Dissoudre 0,5 g de sulfate de cuivre ($CuSO_45H_2O$) et 50 g d'hexamétaphosphate de sodium $(NaPO_3)_6$ dans de l'eau distillée et compléter le volume à 1 litre.

e) Solution de N,2,6-trichloro-p-benzoquinoneimine

Dissoudre 0,2 g de N,2,6-trichloro-p-benzoquinoneimine cristallin (CQC) dans 25 ml d'alcool éthylique ou méthylique absolu.

f) Alcool n-butylique

Alcool n-butylique (C_4H_9OH) non neutralisé et dont le point d'ébullition est de 117,5°C.

g) Solution concentrée de phénol

Dissoudre 1 g de cristaux de phénol (C_6H_5OH) dans de l'eau distillée et compléter le volume à 1 litre. Cette solution doit être conservée au réfrigérateur.

h) Solution tampon

Dissoudre 11,5 g de carbonate de sodium anhydre (Na_2CO_3), 10,2 g de bicarbonate de sodium anhydre ($NaHCO_3$) et 0,1 g de sulfate de cuivre ($CuSO_45H_2O$) dans de l'eau distillée et compléter le volume à 1 litre.

i) Solution diluée de phénol

Diluer 2 ml de la solution concentrée de phénol avec la solution tampon pour obtenir un volume final de 500 ml. Cette dilution, de concentration équivalant à 4 microgrammes de phénol par ml, doit être effectuée la journée même des essais.

5- Courbe d'étalonnage

À l'aide d'une pipette, déposer dans les éprouvettes de 16 × 150 mm les quantités nécessaires de la solution tampon et de la solution diluée de phénol indiquées dans les 2 premières colonnes du tableau 20. Ajouter 2 gouttes de la solution de CQC et fermer avec un bouchon approprié. Agiter rapidement et inverser immédiatement les éprouvettes 1 fois. Incuber à 27°C ± 1°C pendant exactement 5 minutes. Ajouter 5 ml d'alcool n-butylique à chacune des éprouvettes, replacer les bouchons et inverser à 5 reprises pour en extraire la coloration. Laisser reposer jusqu'à séparation des phases. Conserver au réfrigérateur si les lectures ne sont pas prises immédiatement.

Placer environ 3 ml de la phase n-butylique dans le contenant approprié et faire la lecture au spectrophotomètre ou au colorimètre réglé à 650 nm. Utiliser l'alcool n-butylique provenant de l'extrait sans phénol pour calibrer l'appareil à une absorbance de 0. Porter en ordonnées les valeurs obtenues de la densité optique et en abscisses les concentrations de phénol correspondantes, indiquées dans la 3e colonne du tableau 20. La courbe étalon ainsi obtenue devrait être linéaire.

6- Essais de contrôle

Pour toute catégorie de produit, effectuer un contrôle négatif et un contrôle positif à chaque série de déterminations.

a) Contrôle négatif pour tout produit laitier liquide

Placer dans une éprouvette 5,0 ml de l'échantillon à analyser. Chauffer à 90 ± 1°C pendant 1 minute tout en agitant afin d'assurer une inactivation complète de la phosphatase. Refroidir. Appliquer le mode opératoire de l'épreuve de la phosphatase. La concentration de phénol obtenue doit être inférieure à 1,0 microgramme par 0,5 ml du produit. Tout résultat supérieur indique une contamination des réactifs et/ou la présence d'agents interférents. Dans ce dernier cas, la concentration réelle de phénol est établie en soustrayant de la concentration trouvée, la valeur obtenue dans l'essai de la vérification de la présence de substances interférentes décrit au paragraphe 7c.

b) Contrôle négatif pour tout produit laitier solide

Placer dans une éprouvette 0,5 g de l'échantillon solide à analyser à 37 ± 1°C. Chauffer à 90 ± 1°C pendant 1 minute tout en agitant afin d'assurer une inactivation complète de la phosphatase. Triturer avec une tige de verre jusqu'à ce que l'échantillon soit en pâte ou en fines particules. Compléter le volume à 10 ml et mélanger. Appliquer le mode opératoire de l'épreuve de la phosphatase. Interpréter le résultat obtenu en se référant au paragraphe sur le contrôle négatif pour tout produit laitier liquide.

Tableau 20
Solutions étalons de phénol

Solution tampon	Solution diluée de phénol	Microgrammes de phénol par éprouvette
(ml)		(ml)
10,0	0,0	0
15,6	0,4[1]	1
9,5	0,5	2
9,0	1,0	4
8,0	2,0	8
7,0	3,0	12
6,0	4,0	16
5,0	5,0	20
0,0	10,0	40

1. Enlever et jeter 6,0 ml du mélange. Utiliser les 10,0 ml résiduels pour effectuer la coloration.

c) Contrôle positif

Ajouter 0,1 ml de lait cru frais à 100 ml de lait pasteurisé à 90 ± 1°C pendant 1 minute et mélanger. Appliquer le mode opératoire de l'épreuve de la phosphatase. La concentration de phénol obtenue doit être supérieure à 1,0 microgramme par 0,5 ml de lait.

7- Mode opératoire

a) Préparation de l'échantillon

Produit laitier liquide

Pipetter 1 ml de produit laitier liquide dans une éprouvette de 16 × 150 mm. Ajouter 10 ml de substrat tamponné au carbonate préalablement chauffé à 37 ± 1°C et mélanger. Procéder à la détermination de l'activité phosphatasique.

Produit laitier solide

Dans une éprouvete de 16 × 150 mm, peser précisément 0,5 g de produit laitier solide avec une précision de ±0,005 g. Ajouter 1 ml de substrat tamponné au carbonate préalablement chauffé à 37 ± 1°C et triturer le solide avec une tige de verre jusqu'à ce qu'il soit en pâte ou en fines particules. Ajouter ensuite 9 ml du même substrat et mélanger. Procéder à la détermination de l'activité phosphatasique.

b) Détermination

Placer les éprouvettes dans un bain d'eau maintenu à 37 ± 1°C, laisser les solutions à analyser atteindre cette température et incuber pendant 1 heure. Retirer les éprouvettes du bain d'eau et ajouter au milieu réactionnel, avec précaution, 1 ml de la solution de précipitation en la laissant s'écouler lentement sur la paroi interne de l'éprouvette. Filtrer après quelques secondes. Pipetter 5 ml du filtrat clair dans une autre éprouvette et ajouter 1 ml de la solution de sulfate de cuivre — hexamétaphosphate de sodium. Additionner 5 ml de la solution de carbonate de sodium 8% chauffée à 37 ± 1°C et mélanger. Ajouter 2 gouttes de la solution de CQC et fermer avec un bouchon approprié. Agiter rapidement et inverser immédiatement chacune des éprouvettes 1 fois. Incuber à 37°C pendant exactement 5 minutes. Ajouter 5 ml d'alcool n-butylique à chacune des éprouvettes, remplacer les bouchons et inverser à 5 reprises pour en extraire la coloration. Laisser reposer jusqu'à séparation des phases. Placer dans le contenant approprié environ 3 ml de la phase n-butylique de l'extrait sans phénol provenant des solutions de la courbe d'étalonnage. Calibrer à une absorbance de 0 le spectrophotomètre ou le colorimètre préalablement réglé à 650 nm. Déterminer la densité optique des solutions de contrôle et de tous les échantillons analysés. Déduire de la densité optique des échantillons la valeur obtenue pour le contrôle négatif. Déterminer les concentrations de phénol en se référant à la courbe étalon. Les valeurs obtenues représentent directement la concentration en microgrammes de phénol par 0,5 ml de produit laitier liquide ou par 0,25 g de produit laitier solide. Tous les échantillons, indiquant un résultat supérieur à 1,0 microgramme, doivent être analysés pour déceler la présence de substances interférentes. Tout résultat inférieur à 1,0 microgramme de phénol est considéré comme étant négatif à l'épreuve de la phosphatase.

c) Vérification de la présence des substances interférentes

La présence de substances interférentes doit être vérifiée pour tous les échantillons ayant une concentration de phénol supérieure à 1,0 microgramme par 0,5 ml de produit laitier liquide ou 0,25 g de produit laitier solide. Reproduire alors le mode opératoire en substituant, au paragraphe 7a, la solution tampon au substrat tamponné au carbonate. Si la lecture de la densité optique lors de cet essai est équivalente à celle obtenue avec le substrat tamponné au carbonate, la coloration bleue doit être attribuée à des substances interférentes. Le résultat de l'épreuve de la phosphatase est donc négatif. Par contre, un résultat plus petit devra être soustrait de la valeur obtenue antérieurement.

Note

Un résultat négatif à l'épreuve de la phosphatase ne peut pas être interprété comme une indication absolue d'une bonne pasteurisation. L'épreuve est basée sur l'inactivation de la presque totalité de l'activité phosphatasique et il est possible qu'un mélange de lait surchauffé et souschauffé ou encore qu'un mélange de lait surchauffé recontaminé par une très petite quantité de lait cru, conduise à un résultat négatif. On utilise cette épreuve à cause de sa très grande sensibilité à dépister des durées de chauffage inférieures à celles établies pour une pasteurisation appropriée et de sa simplicité.

De faux résultats positifs peuvent être obtenus soit à cause de la possibilité de production de phosphatase par des microorganismes dans certains produits, particulièrement les crèmes (phosphatase microbienne), soit à cause d'une réactivation de la phosphatase (phosphatase réactivée) dans les produits laitiers mal conservés après avoir été soumis à l'un ou l'autre des procédés de pasteurisation suivants: H.T.S.T. et U.H.T.. Lorsque la situation l'exige, il y a lieu de soumettre les échantillons pour lesquels on a obtenu un résultat positif à l'une ou l'autre des vérifications décrites ci-dessous par la détection de la phosphatase microbienne et par la détection de la phosphatase réactivée.

XV- Détection de la phosphatase microbienne

1) Domaine d'application

Cette méthode peut être appliquée à tout produit laitier. Cependant, les crèmes sont plus susceptibles de renfermer une phosphatase d'origine microbienne.

2) Principe de la méthode

La phosphatase microbienne, plus résistante à la chaleur que la phosphatase alcaline du lait, est différenciée de celle-ci en soumettant un duplicata de l'échantillon à

analyser à une pasteurisation à 62,8°C durant 30 minutes avant d'effectuer l'épreuve de la phosphatase. La comparaison des résultats entre les duplicata permet de distinguer la phosphatase microbienne de la phosphatase alcaline du lait.

3) Matériel

Bain d'eau maintenu à 62,8 ± 0,1°C.

Même matériel que pour la phosphatase alcaline dans le lait.

4) Réactifs

Mêmes réactifs que pour la phosphatase alcaline dans le lait.

5) Mode opératoire

Placer 5 ml de l'échantillon dans une éprouvette et maintenir celle-ci dans un bain d'eau à 62,8°C durant 30 minutes. Immerger l'éprouvette de telle sorte que le niveau de l'eau soit environ 4 cm au-dessus du niveau de l'échantillon. La température de l'échantillon devrait atteindre au moins 62,3°C en dedans de 5 minutes. Pendant cette pasteurisation, garder un thermomètre plongé dans l'échantillon. Refroidir et effectuer l'épreuve de la phosphatase sur cet échantillon repasteurisé, sur ce même échantillon non repasteurisé et sur un contrôle négatif.

6) Interprétation du résultat

Si l'échantillon repasteurisé ne montre pas une diminution significative de la coloration par rapport à l'échantillon non repasteurisé, on peut conclure que le résultat original était dû à une phosphatase microbienne et on doit le classifier comme faux positif, soit négatif à la phosphatase résiduelle.

XVI- Détection de la phosphatase réactivée

1) Domaine d'application

Cette épreuve s'applique à tous les produits laitiers dont le procédé de pasteurisation entre dans les catégories suivantes: H.T.S.T., U.H.T.

2) Principe de la méthode

La phosphatase réactivée voit son activité accrue de 4 à 10 fois lorsqu'elle est incubée 1 heure en présence de Mg à une température de 34°C.

3) Matériel

Pipettes de Mohr de 0,1 ± 0,005 ml.
Bain d'eau maintenu à 34 ± 1°C.
Bain d'eau bouillante.
Même matériel que pour la phosphatase alcaline.

4) Réactifs

a) Solution d'acétate de magnésium

Dissoudre 35,4 g d'acétate de magnésium hydraté [$Mg(CH_3COO)_2 4H_2O$] dans 25 ml d'eau distillée. Chauffer légèrement pour faciliter la mise en solution. Verser dans une fiole volumétrique de 100 ml, rincer plusieurs fois le premier contenant et ajouter l'eau de rinçage dans la fiole de 100 ml. Laisser refroidir et compléter le volume. Cette dilution contient 40,1 mg de magnésium par ml.

b) Mêmes réactifs que pour la phosphatase alcaline.

5) Mode opératoire

Placer 5 ml d'échantillon dans une éprouvette munie d'un bouchon. Ajouter 0,1 ml d'eau distillée. Dans une deuxième éprouvette, introduire 5 ml du même échantillon et 0,1 ml de la solution d'acétate de magnésium. Déposer ces éprouvettes dans un bain d'eau à 34 ± 1°C durant 1 heure. Agiter occasionnellement les échantillons au cours de l'incubation. Refroidir les échantillons auxquels on a additionné du Mg avec 5 ml du même échantillon dont la température a été préalablement portée à 95°C ou plus durant 1 minute. Effectuer l'épreuve de la phosphatase alcaline sur l'échantillon dilué, sur le même échantillon non dilué et non additionné de Mg, ainsi que sur un contrôle négatif fait à partir de l'échantillon chauffé à 95°C. L'essai effectué confirme la présence de phosphatase réactivée si l'échantillon dilué et additionné de Mg démontre une activité enzymatique égale ou supérieure à celle obtenue avec le même échantillon non dilué et non additionné de Mg. Par contre, si l'échantillon dilué démontre une activité enzymatique inférieure à celui non dilué et si le résultat initial par la méthode conventionnelle était positif, l'essai confirme alors la présence de phosphatase résiduelle.

Note

Dans un produit non réfrigéré, une phosphatase réactivée conduit à des résultats identiques à ceux obtenus pour une phosphatase résiduelle. Un résultat faux positif peut être obtenu lorsqu'un produit contenant une phosphatase «réactivable» est conservé plus de quatre heures à 16°C ou plus de 2 heures à 20°C.

L'essai de la phosphatase réactivée n'est pas valable pour un lait stérile conservé pour une période prolongée à la température de la pièce (2 heures à 20°C). Dans un tel cas, après avoir éliminé la possibilité d'une phosphatase microbienne, référer aux essais bactériologiques pour juger de la qualité du produit.

CHAPITRE X:
CLASSEMENT DU FROMAGE

A- Historique et législation du classement

L'examen des produits laitiers au Canada remonte à la période de 1907-1914. À cette époque, le gouvernement provincial voulait surtout établir des programmes éducatifs à l'intention des producteurs et des transformateurs.

C'est en 1900 que fut nommé le premier classificateur officiel pour le beurre et le fromage, et il devait entrer en fonction à Montréal (Québec). En mai 1927, le Service de classement du beurre fut muté des ministères provinciaux au ministère fédéral de l'Agriculture, actuellement Agriculture Canada. Les fonctionnaires fédéraux assumèrent alors l'inspection et le classement du beurre de crémerie et de fabrique. Les divisions provinciales des produits laitiers concernées recevaient les résultats du classement sous forme de cartes de pointage afin d'apporter les mesures correctives nécessaires en cas de problèmes graves.

La Loi fédérale sur les produits laitiers (1921) régissait le classement des produits laitiers et, le 1er avril 1923, il devint obligatoire de classer par catégories tout le fromage et le beurre de fabrique destinés à l'exportation. La loi était conçue pour imposer une norme uniforme dans tout le Canada aux points de vue inspection, classement, marquage et emballage des produits laitiers, en insistant plus particulièrement sur le beurre et le fromage. Les règlements exigeaient également que le numéro du bassin et de la barattée soit marqué sur chaque emballage de fromage ou de beurre.

B- Évaluation organoleptique

Principes du classement

Les cinq sens, l'odorat, le goût, le toucher, la vue et l'ouïe jouent un rôle important dans le classement des produits laitiers. L'utilisation de ces sens à des fins de classement est connue sous le nom de méthode organoleptique. Certains considèrent que l'évaluation de la qualité des produits laitiers est un art, tandis que d'autres pensent qu'elle est plutôt fondée sur la science. Néanmoins, on peut considérer la compétence dans ce domaine comme un art fondé sur des principes scientifiques. L'acquisition de la compétence nécessaire au classement exact des produits laitiers est un travail de longue haleine.

Suit une description du rôle des cinq sens dans le classement

L'odorat est probablement le sens le plus important dans l'évaluation de la qualité des produits laitiers. Le classificateur se fie beaucoup sur la sensation olfactive qu'il éprouve lorsqu'il juge la qualité du produit.

Le goût va de pair avec l'odorat lorsqu'on veut déterminer la saveur d'un produit. À quelques exceptions près, en effet, il faut goûter au produit. Le classificateur doit tenir compte non seulement de la sensation gustative, mais aussi de la sensation olfactive dans la cavité nasale, ainsi que de la sensation que l'échantillon lui laisse dans la bouche. Ainsi, le rôle du goût est beaucoup plus complexe que le simple art de goûter à un produit.

Le toucher joue aussi un rôle dans l'évaluation de la qualité des produits laitiers. Ainsi, la langue et le palais enregistrent la sensation particulière provoquée par du beurre farineux ou pommadeux, ainsi que la sensation de sable dans la crème glacée. En pressant le produit entre les dents, la langue peut déterminer la présence de sel non dissous. Les doigts jouent un rôle important dans l'examen de la texture du beurre et du fromage. Le bout des doigts et la partie charnue du pouce servent aussi à évaluer certaines qualités physiques des produits laitiers.

La vue permet d'évaluer divers défauts et qualités des produits laitiers. Soulignons, par exemple, la propreté de l'emballage. En outre, si, en inspectant un échantillon de beurre, le classificateur remarque qu'il est très tacheté, il est probable qu'il goûtera à l'échantillon avec plus d'attention qu'il ne l'aurait fait si la couleur avait été uniforme. Par contre, le classificateur doit veiller à ce que son odorat et son goût ne soient pas indûment influencés par ce que perçoit son oeil.

L'ouïe est parfois utilisée pour évaluer les produits laitiers. Par exemple, lorsqu'on insère une sonde dans le fromage, le son produit peut indiquer au classificateur, dans des cas extrêmes, la compacité ou l'ouverture de la texture du fromage. On peut également déterminer la teneur relative en eau libre du beurre aqueux par le bruit de clapotement qui s'entend lorsqu'on réinsère la sonde dans le même trou.

Bien que l'ouïe puisse indiquer la présence de défauts, le classificateur ne peut déterminer ces derniers qu'en faisant un examen plus approfondi du produit.

Physiologie des divers sens

L'odorat est beaucoup plus développé que le goût. Les organes récepteurs du goût sont situés principalement sur les côtés et à la base de la langue, mais on en trouve aussi sur le voile du palais ainsi que sur la paroi interne des joues, particulièrement chez les jeunes. Les papilles gustatives doivent entrer en contact avec un liquide avant que la sensation de goût ne se manifeste.

La saveur acide se perçoit principalement le long des deux (2) côtés de la langue, la saveur salée, le long des côtés et sur le bout de la langue, la saveur sucrée, généralement sur le bout de la langue, et la saveur amère, à la base de la langue. Voilà pourquoi, lorsqu'on goûte un échantillon, il faut faire en sorte qu'il touche à toutes les parties de la bouche et de la langue où se trouvent les papilles gustatives.

C- Classement par jury

1) Historique

Il y a environ trente ans, les techniques modernes ont commencé à modifier graduellement les procédés classiques de préparation des aliments. De nouvelles méthodes de production, de conditionnement, d'entreposage et de distribution, plus économiques, ont fréquemment changé l'aspect, le goût ou la texture des aliments. L'avènement de ces nouvelles techniques a fait ressortir la nécessité croissante de la recherche dans un secteur auparavant négligé, celui de l'analyse sensorielle des denrées alimentaires. Comme tous les sens sont mis en jeu, la méthode d'examen revêt une importance primordiale.

Un examen des publications sur l'alimentation montre que ce secteur s'est développé rapidement depuis 1940. En 1957, une université américaine a commencé à offrir un cours d'analyse sensorielle des denrées alimentaires. En France, le classement par jury des produits laitiers existe depuis de nombreuses années. En 1952, quatorze pays européens ont lancé un concours international où les participants étaient invités à classer les produits par la méthode du classement par jury. En Suède, ce genre de classement est reconnu comme étant une méthode officielle, et chaque produit laitier est classé par un jury de cinq membres. Elle s'est révélée un excellent moyen pour déterminer le goût avec précision et réduire les erreurs personnelles, étant donné qu'elle adopte une approche scientifique.

2) Objectifs du classement par jury

Comme il a été mentionné précédemment, les jurys sont devenus partie intégrante d'un programme de qualité. Ils peuvent jouer un rôle important à l'égard des objectifs suivants:

a) détecter avec précision et uniformité les caractéristiques établies d'un produit;
b) former du nouveau personnel;
c) examiner et réviser les normes existantes;
d) déterminer les exigences du consommateur.

3) Classement par jury

Le jury travaille dans des conditions établies.

a) Le jury est composé de trois à cinq membres.
b) On utilise des échantillons témoins.
c) Les échantillons sont distribués au hasard.
d) L'atmosphère de la salle de classement est contrôlée.
e) Les échantillons sont codés.
f) Les membres du jury sont installés dans des compartiments séparés.
g) Les membres du jury prennent leur décision en toute indépendance.
h) Le nombre d'échantillons classés au cours de chaque séance est limité.
i) Les décisions sont débattues à la fin de la séance.

4) Procédure de classement par jury

a) Choix des échantillons

Les échantillons doivent être choisis de la manière prescrite, afin que les résultats de la dégustation soient valables et satisfassent les objectifs du programme.

b) Préparation des échantillons

On doit conserver au réfrigérateur ou dans toute autre installation appropriée les échantillons de produits qui seront présentés aux membres du jury.

Les échantillons doivent être préparés et présentés de la manière la plus uniforme possible.

Les échantillons doivent être emballés dans du papier vierge et distribués au hasard.

On ne doit fournir aux membres du jury que des renseignements sommaires sur l'échantillon.

c) Température des échantillons

L'expérience a démontré qu'on peut le mieux déterminer le goût et d'autres qualités des échantillons lorsque leur température se situe dans les limites suivantes:

Fromage: de 14,4°C à 15,5°C (58°F à 60°F)

d) Codage

Les échantillons doivent être codés de façon à ne pas permettre leur identification par les membres du jury. On doit attribuer à chaque échantillon un code de trois chiffres, choisis au hasard, afin que les membres du jury reçoivent des échantillons codés différemment.

e) Membres du jury

Les membres du jury doivent être en bonne santé. Il est préférable qu'ils s'abstiennent de fumer au moins trente minutes avant l'examen du fromage.

f) Nombre de membres

Il est recommandé d'inclure de trois à cinq personnes dans le jury afin d'obtenir un échantillonnage raisonnable d'opinion.

g) Salle de dégustation

L'aménagement de la salle de dégustation peut être plus ou moins rudimentaire. Cependant, il faut respecter certains critères de base. La salle doit être propre, tranquille, bien éclairée et exempte d'odeurs de fumée, de cuisine, etc. Elle doit être munie de cabines séparées ou de compartiments cloisonnés. Il est souhaitable que celle-ci soit climatisée. (Voir photo 35)

Chaque séance de dégustation devrait durer environ quarante-cinq minutes, avec une pause de quinze minutes entre chaque série d'échantillons. Chaque membre du jury ne doit pas examiner plus de vingt-cinq échantillons de fromage par jour. Chaque séance doit prévoir une période de discussion.

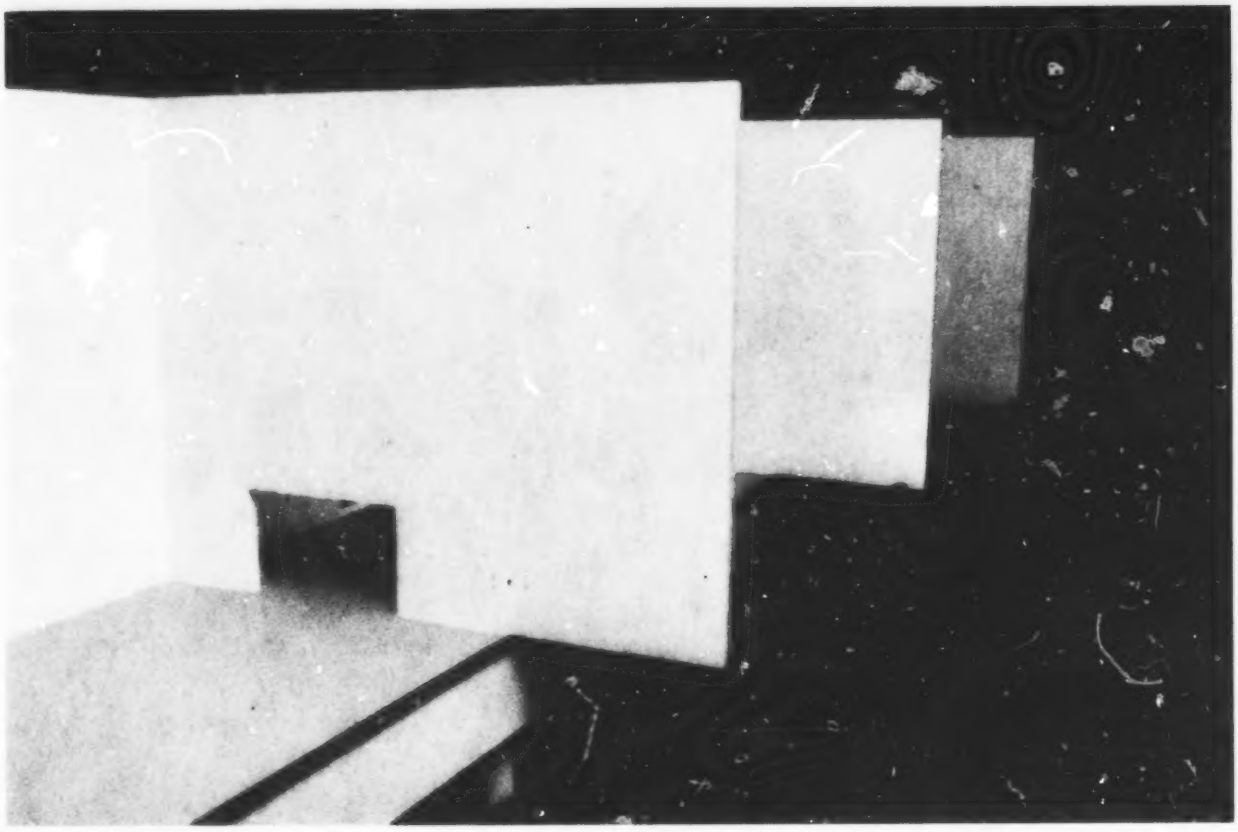


Photo 35 — **Salle de dégustation**

h) Contenants

Les échantillons à classer doivent être présentés aux membres du jury dans des emballages, des contenants ou des assiettes propres, sans odeur ni saveur.

i) Normes de classement

Pour attribuer une catégorie, il faut connaître les normes établies. Essentiellement, le classement est l'évaluation de la qualité par rapport à des normes précises. Le classement par jury est un outil précieux qui aide à établir, aux yeux de tous les intéressés, les normes qualitatives des différentes catégories. Ex.: Canada 1, Canada 2 et Canada 3.

j) Instruments de classement

Les instruments de classement utilisés sont les suivants:

1) spatule ou couteau
2) serviettes de papier
3) crachoir
4) feuilles de notation

5) Directives fondamentales sur le classement et la notation

Afin de permettre à tous nos sens de nous aider à bien évaluer la qualité des produits laitiers, il faut respecter le plus possible les directives suivantes:

— Garder l'esprit éveillé pendant l'évaluation et la notation.
— Connaître les catégories applicables à chaque produit et pouvoir déceler l'intensité maximale des défauts tolérée dans chaque catégorie.
— Connaître le système de notation.
— Conserver les échantillons dans une salle de classement appropriée et les préparer de la façon indiquée.
— Prélever une partie des échantillons à classer.
— Évaluer immédiatement l'odeur et l'aspect des échantillons prélevés.
— Extraire une partie de l'échantillon pour en évaluer la saveur, l'odeur, etc.
— Se faire une idée précise de la qualité idéale.
— Maintenir sa bouche en condition pour la dégustation, en la rinçant de temps en temps à l'eau tiède.

Photo 36 — **Salle de classement**

— Vérifier de temps en temps sa méthode de notation en classant le même échantillon plus d'une fois. (Cela permet au classificateur de s'assurer de sa compétence).
— Reconnaître que l'expérience est essentielle au perfectionnement du classificateur.

6) Salle de classement

On trouve une salle de classement dans les entrepôts, les usines laitières et tous les établissements où il est nécessaire d'évaluer la qualité des produits laitiers ou d'obtenir des échantillons à des fins d'analyse. On recommande de ne pas examiner les produits laitiers dans des installations qui ne répondent pas aux normes. (Voir photo 36)

Une salle de classement doit posséder les caractéristiques suivantes:

— Elle doit être propre, exempte d'odeurs et située à l'écart de bruits distrayants et de l'animation de l'usine.
— L'éclairage naturel est souhaitable, mais lorsque cela n'est pas possible, la salle de classement doit être munie soit d'ampoules lumière du jour, soit de lampes fluorescentes lumière du jour.
— La salle doit être suffisamment grande pour contenir le nombre d'échantillons devant faire l'objet d'un classement.
— Il est absolument nécessaire que la température soit contrôlée. À des fins de préparation des échantillons, la température de la salle de classement doit varier entre 14,4°C et 16,6°C (58°F et 62°F) pour le fromage.
— L'équipement standard de la salle doit comprendre des tables ou des bancs appropriés aux genres d'emballage faisant l'objet du classement.
— Un endroit pour accrocher les vêtements de travail doit être prévu.
— Des réceptacles ou des crachoirs propres doivent être fournis. Si on utilise des seaux métalliques, on doit les laver régulièrement. Si on utilise des boîtes, on doit les jeter à la fin de chaque journée.
— Les échantillons devant être analysés doivent être gardés au réfrigérateur en attendant la fin des essais préliminaires. Les postes de classement doivent offrir des installations appropriées à cette fin.
— La salle doit contenir une table qui servira à vérifier les cas probables de moisissure.
— La table doit être propre.
— Il est recommandé que des drains et des syphons soient installés.
— Il est recommandé également d'installer un lavabo.

7) Conditions préalables au classement

Avant l'examen, le fromage doit être gardé dans une salle de classement appropriée à la température recommandée. En règle générale, le fromage est accompagné d'un document portant le type de lait utilisé, par exemple le lait cru ou pasteurisé, et d'autres renseignements pertinents.

Format des échantillons

Les échantillons présentés à des fins de classement doivent peser au moins 9 kg. Dans le cas des blocs de fromage sans croûte à pâte pressée dans des moules individuels de 4,5 kg, l'usine doit envoyer deux de ces blocs comme échantillon.

Durée de retenue

Le classement du fromage fabriqué à partir de lait pasteurisé peut se faire dans les 10 jours suivant la fabrication. Le classement du fromage fabriqué à partir de lait cru ou traité à la chaleur doit se faire vingt et un jours après sa fabrication, et les échantillons doivent être gardés à une température variant entre 14,4°C à 15,5°C.

Il faut donc avant le classement, vérifier, dans le lot de fromage, la date de fabrication la plus récente et ne classer que les échantillons respectant cette période de retenue. Si l'inspecteur juge que, malgré sa date de fabrication, un fromage n'est pas suffisamment affiné pour que sa qualité puisse être évaluée correctement, il doit reporter le classement à une date plus appropriée.

Température de classement

Le classificateur doit, avant de commencer le classement, vérifier la température du fromage à l'aide d'un thermomètre. Le maintien d'une température de 14,4°C à 15,5°C durant au moins dix jours, permet d'obtenir une évaluation exacte du goût, de la consistance et de la texture du fromage. Même une variation de quelques degrés peut sensiblement modifier l'intensité du goût et de l'arôme du fromage et rendre toute évaluation difficile. Seuls les échantillons doivent être entreposés à cette température. Le reste du lot doit être gardé à une température plus basse, variant entre 4,4°C et 6°C, notamment si le fromage doit être commercialisé dans les trois ou quatre mois qui suivent. Si la période d'entreposage est plus longue, la température doit être maintenue entre 2,2°C à 4,4°C.

Remarque: À cause de leur fragilité, il faut éviter d'utiliser les thermomètres de verre pour vérifier la température du fromage.

D- Système de notation du fromage cheddar canadien

Introduction

Les normes de classement du fromage cheddar et le système de notation correspondant sont comme suit:

a) Canada 1
b) Canada 2
c) Canada 3

Les particularités du fromage et les points maximaux attribués à chacune sont les suivants:

Particularités	Points maximaux
Goût	45
Texture	25
Compacité	15
Coloration	10
Aspect	5

Le classement du fromage est établi en combinant les points attribués pour le goût et la note globale. La notation minimale de chaque catégorie est la suivante:

	Notation minimale pour le goût	Notation globale minimale
Canada 1	39	92
Canada 2	38	90
Canada 3	36	86

1) Fini — aspect

Il est essentiel d'utiliser un lait de bonne qualité et les procédés de fabrication pertinents pour obtenir un fromage cheddar d'aspect satiné. Par ailleurs, rien ne sert d'avoir un fromage dont la masse est de bonne qualité si son aspect extérieur est médiocre. Un fromage peut avoir été fabriqué avec le plus grand soin, mais si, une fois sorti de la presse, il est mal manipulé, son aspect laissera à désirer.

Pour obtenir une masse de bonne qualité, il faut protéger le fromage pour empêcher la moisissure, la pourriture de la croûte et toute autre détérioration grave. La croûte des fromages immergés dans la cire ou la paraffine doit être ferme et sèche, sans aucune ouverture. Le revêtement doit être suffisamment épais pour empêcher le fromage de se dessécher et assez résistant pour empêcher toute meurtrissure pendant l'expédition.

Il faut compter une période de séchage suffisamment longue entre le pressage et le paraffinage, soit, en général, près de soixante-douze heures. Dans certaines fromageries, la formation d'une croûte sèche sur le fromage prend cent vingt heures. La salle de séchage doit être assez grande et dotée d'un bon système d'aération et de contrôle de la température et de l'humidité. Il est également important que les fromages soient convenablement espacés et fréquemment retournés sur les étagères propres et sèches, afin d'assurer un séchage uniforme et la formation, avant le paraffinage, d'une croûte ferme, dure et sèche. La température de la salle de séchage doit être maintenue entre 10°C à 15,5°C pour que la paroi du fromage se prête au paraffinage. Celui-ci doit s'effectuer dès que possible après la sortie de la salle de séchage. Il faut éviter l'étuvage du fromage avant le paraffinage. Les températures de paraffinage doivent être soigneusement contrôlées et maintenues à 106°C (240°F). Le fromage est

plongé dans la paraffine chaude pendant six à dix secondes, selon la température de la paraffine, de façon à permettre à la paroi du fromage de se tempérer, à l'humidité d'être expulsée et à la paraffine de pénétrer à travers la gaze et les coutures et d'adhérer au fromage.

La quantité de fromage cheddar sans croûte augmente sans cesse, depuis quelques années, ce qui provoque nombre de problèmes nouveaux. Le fromage sans croûte doit avoir une forme régulière et une paroi lisse et compacte. Son emballage doit le protéger efficacement contre la formation d'une croûte, la moisissure, la décoloration, la contamination et toute détérioration pouvant survenir pendant la maturation et la commercialisation. Sa perméabilité à l'air doit être suffisamment faible pour empêcher la formation d'une croûte, la prolifération de moisissures et l'oxydation de la paroi. Il doit être convenablement scellé pour empêcher toute pénétration de l'air et adhérer suffisamment à la paroi du fromage, sans toutefois former des plis susceptibles d'altérer son aspect. En outre, il doit être suffisamment résistant pour ne pas être perforé, déchiré, fendu ou brisé dans des conditions normales de manutention, de transport et d'entreposage. Ces critères doivent dicter le choix de l'emballage utilisé pour un fromage sans croûte.

Une fois l'emballage choisi, l'usine laitière doit adopter une méthode d'empaquetage sûre, qui peut varier en fonction du matériau utilisé. Le fabricant de l'emballage doit fournir à l'usine le mode d'emploi approprié. Certains types d'emballages doivent être soudés à chaud. toutefois, une chaleur trop intense peut les endommager. On saura si la chaleur a été bien appliquée pour sceller un emballage à la cire si la pellicule de paraffine fond sur l'enveloppe interne de telle sorte que la paroi scellée devient translucide. Si l'on a utilisé suffisamment de chaleur et de pression pour bien sceller l'enveloppe plastique interne, la cire de l'emballage externe de papier kraft aura suffisamment fondu pour que l'emballage semble foncé, marbré et graisseux. Les emballages qui n'ont pas besoin d'être scellées à la cire doivent être examinés attentivement pour déterminer s'ils sont bien scellés. Aucun emballage ouvert ou brisé n'est autorisé.

Comme la paroi des fromages sans croûte n'est pas exposée au traitement à chaleur intense, comme c'est le cas du fromage trempé dans la paraffine, l'usine laitière doit particulièrement veiller à sa fabrication, son pressage et son emballage, pour empêcher toute moisissure. Les salles et l'équipement de fabrication et d'emballage doivent être propres et complètement exempts de moisissure, et l'air ambiant doit être sain. Il s'impose que la manutention, avant et pendant l'emballage, soit faite dans des conditions hygiéniques satisfaisantes.

Voici une liste de certains défauts dans l'aspect des fromages et de leurs causes probables.

Extrémités-bouts humides

Ce défaut apparaît dans les meules de 40,8 kg (90 lb) lors du reclassement du fromage. Il survient lorsque le fromage est paraffiné avant d'être suffisamment sec ou qu'il n'est pas retourné assez fréquemement pendant la maturation.

En règle générale, le goût n'est pas indésirable sous la surface. Par conséquent, le nombre de points pour la saveur peut être celui de la catégorie Canada 1, mais le total sera proportionnellement réduit, en fonction de l'étendue du défaut à la surface du fromage. Si les parois horizontrales sont humides, le fromage sera classé Canada 2 ou Canada 3.

Extrémités molles-bouts tendres

Ce défaut est provoqué par les mêmes causes que précédemment.

Comme le goût est indésirable, sous la surface du fromage, celui-ci obtiendra une note maximale de 38 pour le goût, et le rapport d'examen ou le certificat portera la mention: «mauvais goût à la surface seulement».

La note totale doit être de 87, et, dans la colonne «aspect» le défaut doit être décrit comme étant «bouts tendres». Pour le fromage Canada 2, le mauvais goût ne doit pas s'étendre au-delà de 1 cm (1/2 po) dans la masse du fromage.

Si ce goût s'étend à près de 1 cm (1/2 po), le fromage doit être classé Canada 3 et recevoir une note de 37-86, ses défauts étant décrits comme suit: «mauvais goût à la surface uniquement». Dans certains cas, le classificateur constatera que la partie du fromage dont le goût est mauvais est également décolorée.

Le fromage endommagé sérieusement aux extrémités n'aura aucune catégorie, et sera considéré: «non classable».

Croûte fendillée

Ce défaut provient d'un séchage trop rapide, avant le paraffinage, particulièrement si la paroi a été recouverte de gaze ou de coton à fromage. Ce défaut peut également être attribué à un salage excessif et irrégulier ou par la présence de trop grande quantité de matières grasses à la surface du caillé ce qui empêche les particules de caillé de bien se souder. Ce défaut peut également apparaître si le caillé est pressé à une température trop basse ou si la salle de fabrication est trop froide.

Croûte fendue

Ce défaut peut être attribuable à un caillé graisseux, trop froid ou trop sec au moment du pressage, ou à un pressage insuffisant. Dans ce cas, le caillé ne se soude pas convenablement et ne forme pas une croûte ferme et lisse. Les gerçures qui se forment deviennent alors des points faibles qui, plus tard, peuvent se fendre lors du séchage, avant le paraffinage. Lorsqu'on enlève le coton à fromage trop tôt et que le fromage est séché trop rapidement, la croûte peut n'être pas assez forte pour résister au fendillement. Un mauvais enroulement du coton à fromage peut également provoquer ce défaut.

Bords relevés (collets)

En général, ce défaut provient de l'utilisation d'un pressoir trop petit pour le moule ou d'un remplissage excessif du moule provoquant un débordement du fromage hors du pressoir. Si les moules sont placés de travers dans la presse, le fromage peut déborder du pressoir et former une arête ou un collet.

Moisissure

Cet état peut être attribuable à une contamination de la paroi du fromage par l'air, par l'emploi de toiles de pressage, de moules et de fonceis malpropres, par des étagères mal nettoyées, par du coton à fromage lâche, froissé ou plié ou par tout autre facteur empêchant la paraffine de bien se sceller. Il peut également être dû à un excès d'humidité et une mauvaise aération, lors de l'entreposage, ou à un paraffinage mal fait.

Moisissure sous l'emballage

Ce défaut peut provenir d'une contamination de la paroi du fromage avant ou pendant l'emballage, d'un mauvais scellage de l'emballage, ou d'une perforation ou d'une rupture de l'emballage.

Catégories de moisissure sur le fromage

Bouts moisis

Toute meule de fromage de 36 kg (80 lb) sur laquelle le classificateur relève la présence de quelques moisissures sur les parois horizontales doit être classée Canada 2, et le nombre total de points du fromage ne doit pas dépasser 90.

Présence de moisissure sous l'emballage

Le classificateur doit considérer que l'emballage protecteur, fait de parakote, de papier aluminium ou autre, constitue la croûte du fromage en bloc. Lorsque, sous l'emballage, la moisissure apparaît sur les parois du fromage cheddar doux en bloc, celui-ci est classé Canada 2, et cette catégorie s'applique à toutes les boîtes du bassin ou des bassins en cause. Le classificateur doit ouvrir et vérifier deux ou trois boîtes provenant du même bassin lorsqu'il constate la présence d'un peu de moisissure sur les échantillons.

En règle générale, on considère que le fromage a atteint une maturité moyenne quatre mois après sa date de fabrication. La contamination par la moisissure est qualifiée de légère lorsque, sur un bloc de fromage de 18,1 kg (40 lb), les zones atteintes sont peu profondes.

2) Coloration

La coloration du fromage cheddar varie considérablement, selon qu'un colorant artificiel y est ajouté ou non. La préférence des consommateurs diffère également sur les différents marchés, allant du fromage non coloré au fromage présentant une coloration prononcée. Toutefois, la majeure partie du fromage non coloré est utilisée dans les usines de traitement qui procèdent à des mélanges, le colorant artificiel pouvant être ajouté dans le cuiseur.

La coloration naturelle du lait varie selon les races de vache, la saison de l'année et le type de fourrage.

Il est préférable que le colorant artificiel ajouté au fromage soit d'un orangé moyen et uniforme. Cette couleur peut varier légèrement lors de la maturation, devenant plus terne ou plus translucide. Le manque d'uniformité de la couleur est attribuable à une mauvaise manipulation lors de la fabrication. Les particules blanches que l'on trouve souvent dans le fromage parvenu à maturité dépendent de la méthode de maturation et ne sont pas considérées comme des défauts de coloration. Les composés habituels de ces particules blanches sont la tyrosine et le lactate de calcium.

Les consommateurs canadiens préfèrent un fromage de teinte moyenne ou couleur «paille», mais il est souhaitable que le fromage blanc ait la teinte «ambrée» du blanc d'été. Certains consommateurs désirent de moins en moins de fromage «paille». C'est pourquoi depuis quelques années, certains fabricants ajoutent du dioxyde de titane comme agent blanchissant. Ce dernier additif fut accepté en 1984 dans le fromage cheddar blanc pasteurisé. Un excès cause un problème de texture granuleuse et risque de causer l'apparition de petits points blancs.

La couleur du fromage blanc «non affiné» manque quelquefois d'uniformité, mais cette légère imperfection se corrige avec le vieillissement du fromage si le procédé de fabrication a été suivi.

La décoloration et le rosissement du fromage sont deux défauts de coloration suffisamment graves pour que le fromage ne soit pas classé. La décoloration se retrouve uniquement dans le fromage coloré et constitue une très bonne raison pour accroître la fabrication du fromage blanc. Le rosissement apparaît sur les fromages blancs et colorés et est le produit d'une détérioration bactérienne et/ou chimique.

Après avoir procédé à l'examen du marquage, de l'aspect et de l'emballage, le classificateur prélève un échantillon de fromage. Dès qu'il a retiré la sonde, le classificateur expérimenté se fie à son odorat pour établir une évaluation préliminaire du goût du fromage. Bien qu'aucune évaluation finale du goût du fromage ne soit faite avant que l'échantillon ne se soit pétri et rechauffé dans la main, ce test initial est une aide précieuse pour procéder à l'évaluation finale.

Une fois terminé l'examen initial du goût, le classificateur détermine l'intensité de la couleur du fromage à l'aide d'une charte de couleurs de référence.

Il vérifie ensuite si le fromage possède des défauts de coloration. Les normes applicables au fromage cheddar Canada 1 exigent que la coloration en «soit uniforme».

Le nombre total de points sera fonction de la gravité du défaut de coloration.

Le fromage n'est pas classé Canada 1 lorsqu'il a les défauts de coloration suivants:

Décoloration (couleur inégale)

En général, le fromage décoloré possède une texture acide. Cette décoloration peut en outre être accompagnée d'un goût désagréable ou sulfureux prononcé.

Couleur marbrée

Ce défaut peut être provoqué par un changement microbiologique au cours de la maturation, et il se manifeste par la présence de formes arrondies et irrégulières de teinte pâle ou foncée. Toutefois, ce défaut est le plus souvent imputable au mélange de caillé provenant de deux bassins différents.

Deux couleurs

Ce défaut provient généralement de l'utilisation de trop de colorants ou de colorants surgelés, ou de la sédimentation du colorant, par suite d'un stockage mal fait. Il arrive qu'un fabricant remplisse partiellement un moule de caillé, puis qu'il y ajoute du caillé frais le lendemain. Dans certains cas, les caillés auront différentes teintes, et ils produiront alors un fromage de deux couleurs.

Fromage cheddar marbré

Ces dernières années, l'industrie du fromage a commercialisé des fromages cheddar «marbrés». La majorité de ces fromages sont fabriqués en mélangeant, après fabrication et salage du caillé, le caillé coloré au caillé blanc.

Si ce produit est présenté à des fins de classement, il pourra être classé Canada 1, s'il satisfait toutes les autres normes, puisqu'il constitue un fromage fin maintenant commercialisé partout au pays.

3) Compacité, consistance et texture

Après avoir examiné la couleur du fromage, le classificateur retire l'échantillon de la sonde et en étudie la compacité. Les normes applicables au fromage Canada 1 exigent que le fromage soit «raisonnablement compact».

En général, le fromage présenté en blocs ou dans des formats plus petits, les emballages triples ou le fromage stilton, par exemple, n'est pas pressé de façon aussi compacte que dans les gros formats. Par conséquent, les classificateurs ont tendance à accepter une compacité moins élevée dans les formats plus petits. On tolère une ouverture légère (une ou deux petites «coupures» ou ouvertures sur la longueur de l'échantillon) dans l'échelle de notation 40-93. Une légère ouverture visible entraîne une notation de 40-92 ou de 39-92. Toutefois, tout fromage ayant une compacité moins grande est classé dans une catégorie inférieure à la première.

Les classificateurs doivent classer des fromages possédant une compacité très variée et, par conséquent, ils doivent faire preuve de jugement lorsqu'ils ont à évaluer un fromage présentant ce défaut.

L'ouverture peut être provoquée par un pilage insuffisant du caillé, lors de la cheddarisation, par une durée trop brève de cheddarisation, par une acidité insuffisante lors du passage au moulin, par une température trop froide du caillé lors de la coulée dans les moules, par un pressage trop rapide ou par une pression insuffisante. Il arrive quelquefois que certains ferments produisent ainsi de l'anhydride carbonique, notamment à des températures supérieures à 10°C, qui peuvent s'accumuler dans le fromage et causer la formation d'ouvertures qui s'agrandissent. Un trop grand nombre d'ouvertures produira un fromage ouvert.

Trous de gaz

Ce défaut est attribuable à des organismes producteurs de gaz qui ont contaminé le lait ou le fromage lors de la production et de la fabrication. Des températures élevées de maturation multiplient les trous de gaz. La formation précoce des trous peut être due à la présence de coliformes provenant du lait cru, à une mauvaise pasteurisation et à des ferments ou un équipement contaminés. Un caillé doux (peu acide) favorise la croissance de coliformes. La présence d'un faible pourcentage d'antibiotiques peut ralentir le développement acide et, par le fait même, permet une prépondérance des organismes producteurs de gaz.

La formation ultérieure des trous de gaz peut être imputable au fait que des organismes sporulés ont survécu à la pasteurisation. Ces bactéries entrent dans le lait pendant et après la traite. Elles proviennent du sol ou des impuretés qui adhèrent au pis, des mains du trayeur, des machines à traire non nettoyées, de particules de fourrage, des litières ou du fumier. Les organismes produisant le goût et l'arôme, connus sous le nom d'agents formateurs d'acide citrique, peuvent, dans certaines conditions, produire l'anhydride carbonique, qui est à l'origine des trous de gaz dans le fromage.

Trous en pointe d'épingle

Ces trous en pointe d'épingle sont caractérisés par leur forme ronde régulière, leur répartition uniforme et leur légère tendance à être plus nombreux vers le centre du fromage. Ils se forment à peu près de la même manière que les trous de gaz, mais sont moins nombreux.

Trous suisses

Cette caractéristique est attribuable à la fermentation, et on l'associe généralement à un fromage faiblement acide, dont la condition est accentuée lors de la maturation à des températures élevées. Les gros trous de gaz que l'on trouve, à l'occasion, uniformément répartis dans le fromage cheddar proviennent d'un développement bactérien particulier.

4) Texture (consistance)

Après avoir examiné la coloration et la compacité de l'échantillon de fromage, le classificateur en évalue la texture, sur une longueur d'environ 2 cm (1 po). Les normes applicables au fromage Canada 1 exigent une texture

ferme et lisse. Le classificateur pétrit l'échantillon entre le pouce et l'index, pour évaluer si le fromage satisfait ces exigences. Le fromage à texture faible, acide, grossière, ou présentant d'autres défauts de texture, doit être classé dans une catégorie inférieure, selon l'intensité du défaut.

La texture est la structure du fromage, et elle est liée particulièrement à la compacité de celui-ci. La consistance signifie la fermeté ou la mollesse du fromage. La nature et les particularités de la texture et de la consistance diffèrent selon, par exemple, la qualité du lait, le choix des ferments et les soins qui leur sont apportés, la teneur en eau et en matières grasses du lait, les procédés de fabrication, et le degré et la température de maturation. Les fromages à consistance ferme ont moins tendance à présenter des défauts de goût.

Certains des facteurs qui influencent le goût d'un fromage peuvent également en altérer la consistance et la texture. C'est pourquoi le goût d'un fromage est souvent étroitement relié à sa consistance et à sa texture. Ainsi, de petits trous se forment fréquemment dans un fromage lisse dont la consistance est ferme et le goût, doux et fruité. Un fromage de consistance faible, pâteuse ou farineuse, et de texture compacte pourra être associé à une forte acidité, au goût acide, ou à une coloration blanchie ou terne.

Voici une brève description de certains défauts de texture et de leurs causes probables.

Texture d'acide

On associe souvent un fromage à texture d'acide à une «pâte courte» qui, si elle est brisée, semble farineuse ou pâteuse. Un classificateur expérimenté qui fractionne une partie de l'échantillon qui se trouve dans la sonde remarquera la façon dont le fromage se sépare, un fromage à texture d'acide se brisant souvent comme de la craie. En général, les fromages présentant ce défaut sont moins colorés, la présence d'acide ayant provoqué une décoloration.

La texture d'acide provient du développement d'une acidité trop élevée à un moment quelconque du procédé de fabrication ou de maturation du fromage. Elle peut être imputable à un lait trop acide, à un affinage trop long avant le caillage, à la présence de trop de ferment, à une mauvaise coupe, à une cuisson trop rapide, ou à d'autres facteurs susceptibles d'empêcher l'expulsion appropriée du lactosérum du caillé ou d'accélérer le développement excessif de l'acidité. Un faible salage peut également amener une texture d'acide.

Texture grossière

Lorsque l'échantillon est sectionné, le fromage semble rugueux, sec et sableux. La note ou la catégorie attribuée au fromage est fonction de l'intensité du défaut.

La texture grossière peut être imputable à une faible teneur en eau, un manque de maturation, un salage excessif ou une cuisson trop prolongée, ces éléments donnant un fromage de type caillé qui ne peut parvenir à la maturation appropriée. Elle peut être associée à une texture farineuse ou à un mauvais équilibre entre la teneur en eau et l'acidité.

Texture friable

Un fromage friable a un grain lâche et a tendance à s'effriter lorsqu'on le frotte entre le pouce et l'index.

Texture graisseuse

Un fromage graisseux présente des matières grasses libres autour des ouvertures et sur les parois des caillés.

Texture farineuse

Un fromage est farineux ou pommadeux lorsqu'il présente une texture «de farine de maïs», si on le frotte entre le pouce et l'index. Ce type de fromage a le plus souvent une «pâte croutée» (voir texture d'acide), peu élastique.

Texture faible

Un fromage dont la texture est faible se remarque par le peu de pression nécessaire pour le briser entre les doigts.

Ce défaut est attribuable à une teneur en eau élevée, à une surchauffe du lait, à un ferment inactif ou à l'addition d'une présure faible ou insuffisante.

5) Goût

À la sortie de la presse, le fromage cheddar ne possède pas, ou à peu près pas, son goût typique ou particulier, qui se développe lors du processus de maturation. Le fait que le fromage soit préparé à partir de lait cru ou pasteurisé peut influer sur la rapidité du développement de son goût et sur son goût définitif.

Qu'il soit agréable et délicat ou carrément indésirable, le goût du fromage s'accentue lors de la maturation. Son développement dépend de la qualité du lait utilisé, du ferment, de l'extrait de présure, du développement acide, de la teneur en eau, du salage, et de la température et de la durée de la maturation. Tout changement dans l'un ou l'autre de ces facteurs influe sensiblement non seulement sur le goût du fromage, mais également sur d'autres caractéristiques.

Il semble que le goût typique du cheddar ne dépende pas d'un seul composé, mais d'un groupe de composés. Certaines recherches indiquent que lorsque ces composés non identifiés du goût, issus de l'hydrolyse des matières grasses, des protéines et du lactose, sont en équilibre, le fromage possède un goût caractéristique plus accentué.

Après avoir sectionné une partie de l'échantillon de fromage qui se trouve dans la sonde et examiné sa texture, le classificateur en évalue le goût.

C'est l'odorat et, dans certains cas, le goûter, qui déterminent le goût d'un fromage. Le fromage cheddar de catégorie Canada 1, doit avoir un goût typique qui, en aucune façon, n'est indésirable. Le fromage qui présente des défauts à ce chapitre sera déclassé et se verra attribuer une note correspondant à l'intensité de ces défauts.

Voici une liste de certains défauts de goût et de leurs causes probables.

Goût fruité

En général, ce goût est celui du fromage possédant une faible acidité, une forte teneur en eau et une faible teneur en sel. Ces facteurs sont favorables à la croissance de certaines bactéries et levures, et l'inaction du ferment, provoquée par la présence d'antibiotiques dans le lait ou d'autres additifs chimiques, est la principale cause de la production d'un fromage fruité. La transformation d'un lait trop vieux et/ou mal réfrigéré à la ferme, durant le transport ou à l'usine, et un lavage insuffisant de l'équipement sont également la cause de fromage au goût fruité.

Goût atypique

Ce goût peut provenir de l'utilisation d'un lait de mauvaise qualité et d'une température de maturation relativement élevée. La fermentation bactérienne, ou l'action d'autres enzymes sur les protéines, dégage un sous-produit, le sulfure d'hydrogène. Ce goût atypique s'accentue généralement après plusieurs mois de maturation, à des températures relativement élevées. Si ce goût se développe rapidement, il ne peut, même dans du fromage paraffiné, disparaître assez rapidement pour passer inaperçu.

Goût rance

Ce défaut est habituellement associé à l'action d'un enzyme, la lipase. Il peut être accentué par un lait de fin de lactation, une agitation excessive provoquant la formation d'une mousse sur le lait cru, à la température critique de l'activation de la lipase (en réchauffant le lait froid entre 21°C et 32°C puis en le refroidissant entre 4°C et 10°C), ou par une conservation prolongée du lait cru à de faibles températures, favorisant la croissance d'organismes lipolytiques. Ces facteurs peuvent provoquer une lipolyse, soit le fractionnement des matières grasses en acides gras, qui est responsable de ce goût rance. L'enzyme peut être actif dans le lait cru ou le lait mal pasteurisé.

Goût sûr

Ce défaut est associé à une forte teneur acide et à la formation d'autres acides en sus de l'acide lactique, ou à l'emploi d'un ferment impur. Ce goût peut également être causé par tout procédé qui empêche l'expulsion du lactosérum libre hors du caillé.

Mauvais goût

Ce goût est attribuable à la croissance d'un organisme précis dans le lait, le *Streptococcus lactis*, variété *maltigenes*. Il est souvent dû à l'utilisation de réservoirs de lait mal lavés et mal stérilisés, de pièces en caoutchouc fendillées ou de machines à traire ou autres ustensiles malpropres. Ce goût douteux est fréquemment causé par d'autres goûts étrangers, que l'on ne peut que qualifier de «suspects».

Goût de mauvaises herbes

Ce goût est attribuable au fait que les vaches ont mangé du foin infesté de mauvaises herbes ou dans des pâturages infestés de mauvaises herbes.

Goût amer

Ce défaut associé au goût rance, se trouve principalement dans le fromage mûr. Il est très prononcé et fétide. Il peut être causé par le choix ou l'excès d'enzyme coagulant, un mauvais ferment ou du lait de moindre qualité.

Tableau 21
NOTATION DES DÉFAUTS DE GOÛT DANS LE FROMAGE

Défaut	Canada 2	Canada 3	
	38-90	37-86	36-86
1) Mauvais goût	léger	marqué	fort
2) Fruité	marqué	fort	fort
3) Atypique	léger	marqué	fort
4) De mauvaises herbes	léger	marqué	fort
5) Rance	léger	marqué	pas de classement
6) Indésirable	léger	marqué	pas de classement
7) Amer	léger	marqué	pas de classement

TABLEAU 22
CRITÈRES DE CLASSEMENT DU CHEDDAR

Exemples de notation

CANADA 1		(minimum) 39-92
CANADA 2 41-90 40-90		(minimum) 38-90
Texture:	faible grossière ouverte couleur inégale, etc.	39-90
Goût:	fruité légèrement mauvais goût léger goût atypique etc.	38-90
Goût et texture:	fruité et faible mauvais goût et texture grossière goût légèrement atypique et texture rigide	38-89
CANADA 3		(minimum) 36-86
Goût:	très fruité atypique rance	37-86
Défauts de goût, de texture et de compacité:	texture très ouverte et goût légèrement mauvais texture grès grossière texture très faible texture d'acide goût atypique et acide	36-86

E- Traitement des échantillons après le classement

Obturation des trous de sonde

Pour réduire les risques de contamination par la moisissure, les classificateurs doivent remettre dans le fromage une aussi grande partie de l'échantillon que possible, manipuler l'échantillon le moins possible et obturer les trous de sonde dans le plus bref délai, avec le plus grand soin. Ils doivent inciter les préposés à l'entrepôt à parafiner l'endroit où l'échantillon a été prélevé ou à le recouvrir d'une gelée de pétrole le plus rapidement possible après le classement.

Trous de sonde trop grands

Il faut éviter de prélever une trop grande quantité d'échantillons dans un fromage.

Il est recommandé, dès que le classement est terminé, que l'usine laitière emballe de nouveau sous vide le fromage analysé.

Disposition à prendre pour les échantillons des classificateurs

Les postes de classement sont priés d'observer les dispositions qui doivent être prises à l'égard des échantillons utilisés pour le classement, de façon à réduire les risques de développement de moisissure.

CHAPITRE XI:
LA CLASSIFICATION CANADIENNE DES FROMAGES

Introduction

L'utilité d'avoir un système de classification des fromages est reconnu depuis longtemps. Il permet d'éviter les fraudes économiques, de faire des regroupements d'ordre statistique, et de faciliter le commerce international.

La tâche n'est cependant pas facile; il y a une multitude de fromages avec une abondance de marques de commerce, des distinctions régionales sous une même appellation et une évolution technologique. Le système se doit donc d'être ouvert et permet un dynamisme interne.

Classification canadienne

Le système de classification repose sur deux caractéristiques reliées à la fermeté et à l'affinage.

Caractéristiques de la fermeté

La fermeté de la pâte a été divisée en quatre catégories: molle, demi-ferme, ferme et dure.

Le degré de fermeté s'évalue à partir du pourcentage d'humidité rapporté à l'extrait dégraissé (H.R.E.D.) dont le calcul s'effectue de la façon suivante:

$$\% \text{ H.R.E.D.} = \left[\frac{\% \text{ humidité} \times 100}{100 - \% \text{ gras}} \right]$$

Si le résultat obtenu est supérieur à 66%, il s'agit d'un fromage à pâte molle; entre 61% et 68%, à pâte demi-ferme;
entre 49% et 63%, ferme;
et inférieur à 51%, d'un fromage à pâte dure.

Caractéristiques d'affinage

Quatre types d'affinage ont été reconnus:

a) «Affiné», lorsque l'affinage se produit à l'intérieur du fromage.
b «Affiné en surface», lorsqu'il se produit de la surface vers l'intérieur.
c) «À pâte persillée», lorsque des veines de moisissures se développent à l'intérieur du fromage.
d) «Non affiné», lorsqu'il n'y a aucun affinage.

Cette classification nous donne une grille à seize espaces dans lesquels les différents fromages se retrouvent.

Le tableau 23 présente une liste de fromages connus de même que leurs caractéristiques d'affinage et de fermeté.

Le tableau 24 présente la liste des fromages reconnus comme variété au Canada. À titre d'information, les caractéristiques en ont été identifiées.

— Un fromage est reconnu comme variété lorsqu'il rencontre des normes spécifiques non seulement de composition et de format, mais aussi de procédé de fabrication et de caractéristiques physiques.

Étiquetage

Une des exigences en matière d'étiquetage est d'identifier le nom du produit. Dans le cas des fromages, il y a deux façons de fonctionner, soit en employant le nom d'une variété reconnue lorsque c'est le cas ou soit en utilisant un nom descriptif résultant de la combinaison des deux caractéristiques précédemment expliquées.

Règle générale, il est recommandé de vous adresser aux agences gouvernementales, afin d'obtenir les renseignements nécessaires (Consommation et Corporations Canada, Agriculture Canada, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec).

Tableau 23
Liste alphabétique de fromages connus avec leurs caractéristiques d'affinage et de fermeté

Fromage	Caractéristique d'affinage	Fermeté de la pâte	% m.g. min.	% hum. max.	H.R.E.D.
Alpina	Affiné en surface	Demi-ferme	27	46	63
Ambrosia	Affiné	Demi-ferme	30	45	64
Appenzell	Affiné en surface	Ferme	27	40	54
Belpease	Affiné	Demi-ferme	27	46	62
Bocconcini	Sans affinage	Molle	20	58	72
Brynza	Affiné	Demi-ferme	24	50	65
Bondon	Sans affinage	Molle	23	54	70
Boursault	Affiné en surface	Molle	46	40	76
Buttiri	Sans affinage	Ferme (pasta filata)	24	45	59
Caciotta	Sans affinage	Demi-ferme	20	52	65
Caerphilly	Affiné	Ferme	28	43	59

Tableau 23
Liste alphabétique de fromages connus avec leurs caractéristiques d'affinage et de fermeté

Fromage	Caractéristique d'affinage	Fermeté de la pâte	% m.g. min.	% hum. max.	H.R.E.D.
Carré de l'est	Affiné en surface	Molle	22	56	71
Casata	Affiné	Demi-ferme	28	46	64
Chalpa	Affiné	Ferme	29	42	59
Cheshire	Affiné	Ferme	30	42	60
Coulommiers	Affiné en surface	Molle	22	56	71
Crotonese	Affiné	Dure	25	36	48
Derby	Affiné	Ferme	30	39	55
Dunlop	Affiné	Ferme	31	40	57
Fior di latte	Sans affinage	Demi-ferme	15	52	61
Fontal	Affiné en surface	Ferme	27	46	63
Friesian Clove	Affiné	Ferme	23	42	54
Friulano	Affiné	Ferme	28	40	55
Gorgonzola	Persillé	Demi-ferme	27	47	64
Grana	Affiné	Dure	22	32	41
Kashkaval	Affiné	Ferme	25	40	53
Kefalotyri	Affiné	Ferme	27	43	59
Laneashire	Affiné	Ferme	28	43	59
Leicester	Affiné	Ferme	30	40	57
Maroilles	Affiné	Molle	25	50	66
Mizithra	Affiné	Dure	5	60	63
Molbo	Affiné	Ferme	22	46	58
Neufchatel	Sans affinage	Molle	20	65	81
Nokkel (ost)	Affiné	Ferme	25	44	58
Norvegia	Affiné	Ferme	26	43	58
Port-Salut	Affiné en surface	Demi-ferme	27	46	63
Reggiano	Affiné	Dure	25	34	45
Roquefort	Persillé	Demi-ferme	28	45	62
Saint-Paulin	Affiné	Demi-ferme	25	50	66
Sapsago	Affiné	Dure	5 à 9	40	42
Serra	Affiné	Demi-ferme	25	50	66
Stilton	Persillé	Ferme	29	42	59
Tomme	Affiné	Demi-ferme	25	50	66
Trecce	Sans affinage	Demi-ferme	20	52	65
Vize	Affiné	Ferme	24	45	59

Tableau 24

Liste alphabétique des variétés de fromages reconnus au Canada avec leurs caractéristiques d'affinage et de fermeté

Variété reconnue	Caractéristique d'affinage	Fermeté de la pâte	% m.g. min.	% hum. max.	H.R.E.D.
Asiago	Affiné	Ferme	30	40	57
Bleu	Persillé	Molle à demi-ferme	27	47	64
Bra	Affiné	Dure	26	36	48
Brick (canadien)	Affiné	Ferme	29	42	59
Brie	Affiné en surface	Molle	23	54	70
Butterkase	Affiné ou affiné en surface	Demi-ferme	27	46	63
Caciocavallo	Affiné	Ferme	24	45	59
Camembert	Affiné en surface	Molle	22	56	71
Cheddar	Affiné ou sans affinage	Ferme	31	39	56
Colby	Affiné	Ferme	29	42	59
Danbo	Affiné	Ferme	25	46	61
Edam	Affiné	Ferme	22	46	59
Petit Edam	Affiné	Ferme	21	47	59
Elbo	Affiné	Ferme	25	46	61
Emmental	Affiné	Ferme	27	40	54
Esrom	Affiné en surface	Demi-ferme	23	50	65
Farmer	Affiné	Ferme	27	44	60
Feta	Affiné	Molle	22	55	70
Fontina	Affiné	Ferme	27	46	63
Fynbo	Affiné	Ferme	25	46	61
Gouda	Affiné	Ferme	28	43	59
Petit Gouda	Affiné	Ferme	26	45	60
Gournay	Sans affinage	Molle	33	55	82
Gruyère	Affiné	Ferme	28	38	52
Harzkase	Affiné en surface	Ferme	3*	55	56
Havarti	Affiné	Demi-ferme	23	50	65
Jack	Affiné	Demi-ferme	25	50	66
Kasseri	Affiné	Ferme	25	44	58
Limburger	Affiné en surface	Molle à demi-ferme	25	50	66
Maribo	Affiné	Ferme	26	43	58
Montasio	Affiné	Ferme	28	40	55
Monterey	Affiné	Ferme	28	44	61
Mozzarella	Sans affinage	Demi-ferme	20	52	65
Mozzarella partiellement écrémé	Sans affinage	Demi-ferme	15	52	61
Munster	Affiné en surface	Molle à demi-ferme	25	50	66
Munster (canadien)	Affiné	Demi-ferme	27	46	63
Parmesan	Affiné	Dure	22	32	41

Tableau 24
Liste alphabétique des variétés de fromages reconnus au Canada avec leurs caractéristiques d'affinage et de fermeté

Variété reconnue	Caractéristique d'affinage	Fermeté de la pâte	% m.g. min.	% hum. max.	H.R.E.D.
Pizza	Sans affinage	Demi-ferme	20	48	60
Pizza partiellement écrémé	Sans affinage	Demi-ferme	15	48	58
Provolone	Affiné	Ferme	24	45	59
Romano	Affiné	Dure	25	34	45
S. Jorge	Affiné	Ferme	31	36	52
Samsoe	Affiné	Ferme	26	44	59
Sardo	Affiné	Dure	25	34	45
Scamorza	Sans affinage	Demi-ferme	20	52	65
Scamorza partiellement écrémé	Sans affinage	Demi-ferme	15	52	61
Suisse	Affiné	Ferme	27	40	54
Tilsit	Affiné ou affiné en surface	Ferme	25	45	60
Tybo	Affiné	Ferme	25	46	61

* % de matières grasses maximal.

GLOSSAIRE

1. Affinage

L'affinage ou maturation enzymatique primaire et secondaire.

2. Affiné

Signifie affiné dans la masse.

3. Affiné dans la masse

Signifie que l'affinage se développe dans toutes les parties du fromage.

4. Affiné en surface

Signifie que l'affinage se produit de la surface vers l'intérieur du fromage.

5. Arôme

Se rapporte, selon la variété, à l'aspect olfactif ou gustatif.

6. Coagulation

La coagulation ou le caillage est la formation d'un gel de caséine. Cette coagulation est obtenue par l'action de l'acidification du lait à l'aide de bactéries ou ferments lactiques, d'enzymes coagulants ou l'action combinée des bactéries et des enzymes.

7. Égouttage

L'égouttage par synérèse et par exudation est la séparation du lactosérum du caillé obtenu lors de la coagulation. Le caillé est constitué essentiellement de la caséine et de la presque totalité de la matière grasse lorsqu'il s'agit de fromage gras, d'un peu de lactose sous forme d'acide lactique et d'une fraction variable de matières minérales. Le lactosérum entraîne la plus grande partie de l'eau et des constituants solubles du lait (lactose, protéines, sels minéraux).

8. Fromage

Le fromage est le produit alimentaire obtenu de la coagulation du lait, de produits laitiers ou d'un mélange de ceux-ci, suivie d'un égouttage. Une maturation ou affinage peut compléter la fabrication pour l'obtention de propriétés organoleptiques caractéristiques du genre de fromage recherché.

a) Fromages à pâte demi-ferme

Ce sont des fromages à croûte relativement ferme, mais avec une pâte demi-dure. Leur teneur en H.R.E.D. (Humidité Résiduelle Extrait Dégraissé) se situe entre 61% et 68%. Ex.: mozzarella.

b) Fromages à pâte dure

Ces fromages sont généralement affinés de 6 mois à 2 ans et même davantage. Ils sont particulièrement appropriés pour le râpage. Leur teneur en H.R.E.D. est inférieure à 51%. Ex.: parmesan.

c) Fromages à pâte ferme

Ce sont des fromages qui gardent leur forme, même après découpage, et peuvent se conserver, sans réfrigération, dans un emballage approprié. Leur teneur en H.R.E.D. se situe entre 49% et 63%. Ex.: cheddar.

d) Fromages à pâte molle

Ce sont des fromages à texture généralement onctueuse, crémeuse, les rendant faciles à tartiner. Ces fromages s'affinent rapidement et leur durée de conservation est généralement limitée à quelques semaines. Leur teneur en H.R.E.D. est supérieure à 66%. Ex.: camembert.

e) Fromages à pâte persillée

Cela signifie que des veines de moisissures se développent à l'intérieur du fromage. Ex.: fromage bleu.

f) Fromages frais

Ce sont des fromages non affinés, consommables immédiatement après leur fabrication.
ex.; cottage

9. H.R.E.D.

C'est l'abréviation correspondante à l'humidité résiduelle rapportée sur l'extrait dégraissé. C'est donc à l'aide de ce facteur qu'on peut classifier les fromages.

10. Lait

Par lait, on entend la sécrétion lactée normale des glandes mammaires de mammifères, mais plus particulièrement de la vache, de la chèvre et de la brebis.

a) Pasteurisé

Se rapporte au lait qui reçoit un traitement thermique de 72°C (163°F) pendant 16 secondes ou de 62°C (145°F) pendant 30 minutes.

b) Thermisé

Se rapporte au lait qui reçoit un traitement thermique de 62°C (145°F) pendant 16 secondes.

11. Maturation primaire

C'est l'étape au cours de laquelle interviennent plus immédiatement les ferments lactiques et les enzymes coagulants utilisés lors de la fabrication.

12. Maturation secondaire

Elle est obtenue par l'action des bactéries, des moisissures et de certains enzymes. L'activité de cette maturation secondaire est en règle générale plus rapide si le fromage est plus humide et si les conditions ambiantes de température et d'humidité favorisent leur activité.

13. Non affiné

Signifie que le fromage n'est soumis à aucun affinage.

14. Ouverture

Recherchée ou non, qualifiée de mécanique, elle est occasionnée par le procédé de fabrication et non par un développement bactérien; parfois, l'aspect gazeux résulte de l'activité des ferments lactiques et correspond à l'âge du fromage (tilsit, esrom, etc.).

15. Produits laitiers

Par produits laitiers, on désigne:

a) le lait partiellement écrémé, le lait écrémé, la crème, le lait de beurre ou la crème de petit-lait, ou

b) le lait sous forme concentrée, desséché ou reconstituée ou tout produit visé à l'alinéa a) sous forme concentrée, désséchée ou reconstituée,

et comprend, lorsqu'il s'agit de fromage à la crème à tartiner, de fromage à la crème à tartiner (avec indication des ingrédients ajoutés), d'une préparation de fromage fondu, d'une préparation de fromage fondu (avec indication des ingrédients ajoutés), de fromage fondu à tartiner, de fromage fondu à tartiner (avec indication des ingrédients ajoutés), d'une préparation de fromage conditionné à froid, et d'une préparation de fromage conditionné à froid (avec indication des ingrédients ajoutés), les produits suivants:

c) le beurre, le beurre de petit-lait ou le petit-lait, ou
d) tout produit nommé à l'alinéa c) sous forme concentrée ou desséché.

16. Rendement

Le rendement fromager correspond à la quantité de fromage produite à partir d'un volume donné de lait. Ce rendement varie donc en fonction de la composition du lait, de la technologie utilisée, de la variété fabriquée et d'un ensemble d'autres facteurs comme le ferment, la présure, etc. En général, on calcule le rendement en kg de fromage produit au 100 litres de lait ou plus traditionnellement en livres de fromage au cent livres de lait utilisé.

17. Salé à sec

Se rapporte au fromage dont le salage est effectué en surface, après démoulage. Cette opération peut être réalisée manuellement ou mécaniquement.

18. Salé à sec dans le caillé

Le salage est effectué à sec directement dans le caillé, manuellement ou mécaniquement, avant la mise en moule.

19. Salé en saumure

C'est-à-dire que le salage est effectué par immersion dans une solution plus ou moins saturée de sel. Le séjour peut se résumer à quelques heures (ex.: gouda) ou être permanent (ex.: féta).

20. Trou ou yeux

A trait à une formation d'oeillards, sphériques ou ovales, occasionnés par une fermentation spécifique, désirée (emmental) ou non (*E. coli*).

BIBLIOGRAPHIE

— Agriculture Canada, Manuel des fromages fins du Canada.

— Agriculture Canada, Règlement sur les produits laitiers.

— Agriculture Canada, Manuel de classement des produits laitiers.

— ALAIS, C. (1965). Science du lait, Édition Sep., Paris.

— American Public Health Association, Standard Methods for the Examination of Dairy Products, 1978, 14e édition, Éditeur: E.H. Marth.

— AMRAM, Y.J., Lenoir (1978). Les incidences du refroidissement du lait sur son comportement en fromagerie. XX^{e} Congrès Int. Lait. Vol. E:103-104.

— A.O.A.C., Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 13^{e} édition, No 16.232, 16.233.

— Association des techniciens en industrie laitière Inc., Manuel de technologie laitière, 1958.

— BÉLANGER, G. (1975). Nos fromages, cheddar et autres, I.T.A.A. de Saint-Hyacinthe, M.A.P.A.Q., 154 p.

— BJORCK, L. (1978). Antimicrobial effect of the lactoperoxydase system on psychrotrophic bacateria in milk. J. Dairy Res. 45:109-118.

— CHASTENET (1971). Technologie du fromage camembert, 3 C International.

— Codidi (1981). Afilact, un nouveau procédé efficace et économique pour lutter contre les fermentations butyriques. Revue des ENIL, #64, pp. 23-26.

— DESFLEURS, M. (1971). Accidents de fabrication et défauts des fromages à pâte molle. Lacto-labo, 3 C International.

— ENIL, École Nationale d'Industrie Laitière de Mamirolle, 25660, Saone, France. Texte: Saint-Paulin et Port-Salut.

— Fédération internationale de laiterie — Norme internationale FIL-IDF 5A: 1969.

— Fédération internationale de laiterie — Norme internationale FIL-IDF 73: 1974.

— HETTINGA, D. (1972). The role of propionibacteria in the split defect of swiss cheese. Thèse, Ph.D., Iowa State Univ.

— INGRAHAM, J.L., Stokes, J.L. (1959). Psychrophilic bacteria. Bacteriol. Rev., 23:97-108.

— Instruction manual for setting up and operating the Mojonnier Milk Tester, Technical Control of Dairy, Mojonnier Bros. Co., 4601, West Ohio Street, Chicago, Illinois.

— KING, J.S., Mabbit, L.A. (1982). Preservation of raw milk by the addition of carbon dioxide. J. Dairy res. 49:439-447.

— KOSIKOWSKI, F. (1977). Cheese and fermented milk foods. 2^{e} éd., Kosikowski ed. Cornell Univ., N.Y.

— LABLÉE, J. (1982). A propos du Mucor des pâtes molles, Revue des ENIL, no 67, p. 29.

— LABLÉE, J. (1982). La lainure des comtés et des emmentals, 1re partie: Aspect général du problème. Revue des ENIL, #75, pp. 25-26.

— LABLÉE, J. (1975). Normalisation de la fabrication de l'Emmental. Le technicien du lait, mars, pp. 5-19.

— LANGSRUD, T. et G.W., Reinbold (1973). Flavor development and microbiology of swiss cheese — A review.
I- Milk quality and treatments. J. Milk Food Technol., 36 (10): 487-490.
II- Starters, manufacturing processes and procedures. J. Milk Food Technol., 36 (11): 531-542.
III- Ripening and flavor development. J. Milk Food Technol., 36 (12): 593-607.
IV- Defects. J. Milk Food Technol., 37 (1): 26-41 (1974).

— LENOIR, J., Veisseyre, R., Choist, C. (1974). Le lait réfrigéré, matière première de la fromagerie moderne. Rev. Lait. Frse. 322:453-465.

— Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Contrôle de la qualité des produits laitiers — Méthodes analytiques recommandées, 1980. Éditeur: Éditeur Officiel du Québec.

— MACQUOT, G., Ducluzeau, R. (1968). The influence of cold storage of milk on its microflora and its suitability for cheese-making. In Hawthorn, J. Rolfe, E.J., Low temperature biology of food stuffs, Pergamon Press, Oxford, p. 235-250.

— POIROT, L. (1982). La lainure des comtés et des emmentals. 2^{e} partie: Observations effectuées récemment à propos du défaut de lainure. Revue des ENIL, # 75, pp. 26-27.

— REINBOLD, G.W. (1972). Swiss cheese varieties. Pfizer CM Series, U.S.A., 187 p.

— THATCHER, F.S., Clark, D.L. (1968). Microorganisms in Foods: Their significance and methods of enumeration. University Press, Toronto.

— Unité PLF, Laboratoire d'expertises et d'analyses alimentaires, Direction générale de l'inspection des aliments, M.A.P.A.Q.

— United States Department of Agriculture (U.S.D.A.), 1978, Cheese varieties and descriptions.

— United States Department of Health, Education and Welfare, Bacteriological Analytical Manual for U.S. Department of Health Education and Welfare, Public Health Service. Food and Drug Administration Food Scientific Coordination Staff Washington D.C. 20204.

— VEISSEYRE, R. (1975). Technologie du lait. 3e éd., La Maison rustique, Paris.